



TUGAS AKHIR – TI141501

REDESIGN SEPEDA PASCASTROKE DENGAN PENDEKATAN *DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)*

ARVENTA LUKAS PRANASTYA

NRP 2512100138

Dosen Pembimbing:

Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph.D

NIP. 19740508 199903 2 001

Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – TI141501

**REDESIGN OF POST-STROKE BYCYCLE USING DESIGN FOR
MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA) APPROACH**

ARVENTA LUKAS PRANASTYA

NRP 2512100138

Supervisor:

Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph.D

NIP. 19740508 199903 2 001

Industrial Engineering Department

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

REDESIGN SEPEDA PASCASTROKE DENGAN PENDEKATAN *DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

ARVENTA LUKAS PRANASTYA

NRP. 2512 100 138

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Surabaya, Januari 2017


Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc. Ph.D

NIP. 19740508-199903 2 001



(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

REDESIGN SEPEDA PASCASTROKE DENGAN PENDEKATAN DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

Nama : Arventa Lukas Pranastya
NRP : 2512100138
Pembimbing : Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph.D

ABSTRAK

Proses perakitan dan manufaktur memiliki peranan penting pada pengembangan produk sepeda pascastroke yang telah dinuat oleh Jurusan Teknik Mesin-FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Proses sepeda ini diharapkan dapat membantu proses rehabilitasi pasien pascastroke dan dapat bersaing di pasar dengan produk-produk penunjang rehabilitasi sejenisnya. Pengembangan produk yang dilakukan dengan konsep *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). Konsep DFMA terkait dengan jumlah komponen, waktu perakitan, berat produk dan biaya manufaktur. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan peningkatan *assembly efficiency*, pengurangan jumlah komponen, dan pengurangan berat produk sepeda.

Penelitian ini dimulai dengan studi terhadap desain awal komponen sepeda pascastroke. Selanjutnya dianalisa menggunakan *software* DFMA. Dari hasil analisa tersebut dikembangkan beberapa desain baru dengan menghilangkan atau menggabungkan komponen yang tidak memberi nilai tambah. Sehingga diperoleh reduksi waktu perakitan, jumlah komponen, biaya komponen produk sepeda. Komponen yang mengalami *redesign* adalah rangka depan, rangka tengah dan rangka depan.

Hasil analisa desain baru yang terbaik menunjukkan terjadi perubahan jumlah komponen dari 148 menjadi 71, reduksi waktu total perakitan dari 1072,76 detik menjadi 461,2 detik, berat produk dari 23,42 kg menjadi 8,87 kg dan *assembly efficiency* indeks dari 5,9 menjadi 11,7.

Kata Kunci : *assembly efficiency*, DFMA, Pengembangan Produk, Sepeda Pascastroke

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

REDESIGN OF POST-STROKE BYCYCLE USING DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA) APPROACH

Name : Arventa Lukas Pranastya
NRP : 2512100138
Supervisor : Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph.D

ABSTRACT

Assembling and manufacturing process has an important role in product development of post-stroke bicycle while are produced by mechanical engineering department -FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. This expected to help the rehabilitation process of product is after stroke patients and can be competitive in the market. Product development in this research use *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) concept. This concept associated with the component count, assembly time, product weight and manufacturing costs. This research is expected to result in increased assembly efficiency, reduction in the number of component and reduction in product weight.

The research began with a study of the initial design of post-stroke bike components. Then further analyzed using DFMA software. From this analysis developed several new designs by eliminating or combining components that do not add value. Thus obtained the reduction of assembly time, the number of components, the component costs of bicycle products. The components that undergo redesign is the next frame, the middle frame and the front frame.

The results of the analysis of a new design that best shows the changes in the number of components from 148 to 71, the total assembly time reduction of 1072.76 seconds to 461.2 seconds, the product weight of 23.42 kg to 8.87 kg and assembly efficiency index of 5, 9 to 11.7.

Key Word : *assembly efficiency*, DFMA, product development, post Stroke bicycle

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yesus Kristus karena atas kasih anugerahnya saja maka penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “REDESIGN SEPEDA PASCASTROKE DENGAN PENDEKATAN DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)”.

Selama proses penyelesaian laporan tugas akhir ini penulis mengalami banyak kendala. Namun atas dukungan, doa, dan semangat dari keluarga dan kerabat penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang dengan penuh kasih setia menjadi pemimpin bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir serta atas kasih anugerahnya saja penulis semakin dikuatkan.
2. Yang terkasih Pak Arief Susilo Pranoto dan Ibu Pudjiastuti sebagai orang tua serta kakak-adik terkasih yakni Nadiea Yermia Pranastuti dan Vanessa Gloria Pranastuti yang selalu mendukung penulis, terima kasih atas dukungan, nasehat, dan kepedulian yang sudah diberikan serta keharmonisan kasih Tuhan yang tiada henti kepada penulis.
3. Bu Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang sudah dengan sabar, setia, dan ceria selalu membimbing tugas akhir penulis dari awal hingga akhir.
4. Bu Ratna Sari Dewi, Ph.D. dan Bu Dr Sri Gunani Partiwati selaku penguji seminar proposal serta Pak Mokh. Suef, M.Sc (Eng) dan Pak Hari Supriyanto, MSIE selaku penguji sidang tugas akhir atas perhatian, kecermatan, dan saran yang diberikan.
5. Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan M.Eng. selaku dosen Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya yang berkenan produk pengembangannya untuk dianalisa.
6. Rekan Jurusan Teknik Mesin Chandra dan Wahyu yang membantu dalam pengumpulan data dan pengolahan.

7. Mahasiswa kelas Concurrent Engineering yang telah membantu dalam *brainstorming* pengolahan dan pengembangan konsep desain.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Industri atas pengetahuan, kesabaran, dukungan, serta kepedulian selama penulis menjalani studi di ITS.
9. Pingpong Squad yakni Fikar, Dion, Amir, Ricardo dan Randy yang sudah menemani penulis dalam menyelesaikan pergumulan ataupun kesedihan dengan bermain pingpong bersama.
10. 7 Segment BPH HMTI 2014/2015; Novangga, Fandi, Madhan, Nur Layla, Viona dan Dini yang sudah memberikan dukungan, kasih, serta semangat pantang menyerah dan kebersamaan dalam penyelesaian tugas akhir.
11. Fungsi Brutal HMTI 2014/2015 ; Yanuar, Doni, Faza, Fahmy, Dede, Ryan, Onie, Ade dan Faiz yang sudah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
12. Anak-anak pejuang Wisuda 115 ITS; Gilang, Ega, Angga, Agung Prast, Agung Setiawan, Boyke, Nathan, Alit Ridho dan Rama.
13. Kavaleri (Industrial Engineering 2012), terima kasih banyak atas kebersamaan dan persaudaraan yang ada selama 4 tahun berjuang di kampus TI ITS.
14. Semua pihak yang tidak bisa penulis satu per satu yang telah membantu penyelesaian laporan tugas akhir. Terima kasih banyak Tuhan memberkati.

Penulis juga menyampaikan permohonan maaf jika terdapat kesalahan selama penelitian tugas akhir dan penyelesaian laporan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi perbaikan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi siapapun yang membaca laporan ini.

Surabaya, Januari 2017

Arventa Lukas Pranastya

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Produk Sepeda Pascastroke	9
2.2 Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)	11
2.3 Design for Assembly (DFA)	13
2.4 Design for Manufacture (DFM)	17
2.5 DFMA Software	17
2.5.1 DFM Software	17
2.5.2 DFA Software	21
2.6 Contoh Studi Kasus Penerapan DFMA	30
2.6.1 Industri Pertahanan	30
2.6.2 Komputer	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Flowchart	33

3.2	Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah	34
3.3	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	35
3.4	Tahap Analisa dan Pemilihan Desain Terbaik.....	36
3.5	Tahap Kesimpulan dan Saran	36
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		37
4.1	Pengumpulan Data.....	37
4.1.1	Data Komponen Penyusun	37
4.1.2	Deskripsi Proses Produksi	39
4.1.3	Runtutan Perakitan	40
4.2	Pengolahan Data	41
4.2.1	Desain Awal Sepeda Pascastroke.....	41
4.2.2	Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke	47
4.2.3	Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke	50
BAB 5 ANALISA DAN PEMILIHAN DESAIN		53
5.1	Analisa	53
5.1.1	Analisa Desain Awal Sepeda Pascastroke	53
5.1.2	Analisa Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke	54
5.1.3	Analisa Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke	54
5.1.4	Analisa Perbandingan Desain Awal dengan Desain Baru Sepeda Pascastroke	55
5.2	Pemilihan Desain Terbaik.....	57
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		59
6.1	Kesimpulan.....	59
6.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN		63
BIOGRAFI PENULIS		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sepeda Pascastroke Generasi Ketiga (Oktavian, 2016)	2
Gambar 1.2 Pengaruh Tiap Bagian Pengembangan Produk Pada Biaya Produksi (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)	3
Gambar 1.3 Keuntungan Penerapan DFMA (Jayaraman, 2015)	4
Gambar 1.4 Pengaruh DFMA Pada Biaya Produk di Hewlett-Packard (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002).....	5
Gambar 2.1 Sepeda Pascastroke Rancangan Rodika Tahun 2014 (Oktavian, 2016)	9
Gambar 2.2 Sepeda Pascastroke Rancangan Syifa' Tahun 2015 (Oktavian, 2016)	10
Gambar 2.3 Sepeda Pascastroke Rancangan Sandy Tahun 2016 (Oktavian, 2016)	11
Gambar 2.4 <i>Flowchart</i> Tahap Penerapan Metode DFMA (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)	12
Gambar 2.5 Perhitungan Orientasi Komponen α dan β (Pough, 1991)	14
Gambar 2.6 Perhitungan Orientasi Komponen α dan β (Lanjutan) (Pough, 1991)	15
Gambar 2.7 Perhitungan <i>Inserion Time</i> (Pough, 1991)	15
Gambar 2.8 Perhitungan <i>Inserion Time</i> (Lanjutan) (Pough, 1991)	16
Gambar 2.9 <i>Piston-assembly design</i> (Nawawi, 2014)	17
Gambar 2.10 Tampilan Kotak Dialog DFM <i>Software</i> (Nawawi, 2014)	18
Gambar 2.11 Dimensi <i>Box-shaped</i> (Kiri) dan <i>Cylinder-shaped</i> (Kanan) (Nawawi, 2014)	19
Gambar 2.12 Tampilan Kotak Dialog <i>Selecting Process and Material</i> (Nawawi, 2014)	19
Gambar 2.13 Hasil Penghitungan Berdasar Proses dan Material Dipilih (Nawawi, 2014)	20
Gambar 2.14 Hasil DFM <i>Software</i> Dalam Bentuk Grafik (Nawawi, 2014).....	21
Gambar 2.15 Tampilan Kotak Dialog DFA <i>Software</i> (Nawawi, 2014).....	22
Gambar 2.16 Menu Menambahkan Komponen (Nawawi, 2014)	22

Gambar 2.17 Tampilan Kolom Definisi Komponen (Nawawi, 2014)	23
Gambar 2.18 Tampilan Kolom <i>Securing Method</i> (Nawawi, 2014)	23
Gambar 2.19 Tampilan Kolom <i>Minimum Part Criteria</i> (Nawawi, 2014)	24
Gambar 2.20 Tampilan <i>Library</i> Operasi Manufaktur (Nawawi, 2014)	25
Gambar 2.21 Tampilan <i>Library Fasteners</i> (Nawawi, 2014)	25
Gambar 2.22 Contoh <i>Executive Summary of DFA</i> (Nawawi, 2014)	26
Gambar 2.23 Contoh <i>Executive Summary of DFMA</i> (Nawawi, 2014)	27
Gambar 2.24 Contoh <i>Product Worksheet</i> (Nawawi, 2014)	28
Gambar 2.25 Contoh <i>Structure Chart</i> (Nawawi, 2014)	28
Gambar 2.26 Contoh <i>Analysis Totals</i> (Nawawi, 2014)	29
Gambar 2.27 Contoh <i>Suggestion for Redesign</i> (Nawawi, 2014)	30
Gambar 2.28 Desain Sebelum dan Sesudah Produk Pemitar Suhu (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)	31
Gambar 2.29 Desain Sebelum dan Sesudah Produk <i>Mouse</i> (Nawawi, 2014)	32
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian	33
Gambar 3.2 Alur Metodologi Penelitian (lanjutan)	34
Gambar 4.1 Detail Sepeda Desain Awal (Oktavian, 2016)	37
Gambar 4.2 <i>Add Part</i> dan <i>Add Subassembly</i> Desain Awal	42
Gambar 4.3 Tampilan Input Data Desain Awal Pada <i>DFA Software</i>	43
Gambar 4.4 Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke	47
Gambar 4.5 Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Lembar Kerja Boothroyd dan Dewhurst DFA (Chan & Salustri, 2005)	14
Tabel 4.1 Daftar Komponen Desain Awal Dibeli atau Dibuat	37
Tabel 4.2 Runtutan Perakitan Desain Awal	40
Tabel 4.3 <i>Reports Analysis Totals</i> Desain Awal	44
Tabel 5.1 Tabel Perbandingan Hasil <i>Software</i> DFMA Desain Awal dengan Desain Baru	55
Tabel 5.2 Tabel Peringkat Terbaik Dari Tiap Parameter	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, batasan, asumsi serta skema penulisan yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Penyakit *stroke* merupakan kondisi yang terjadi ketika pasokan darah ke otak terputus akibat penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah, sehingga terjadi kematian sel-sel pada sebagian area di otak, berdasarkan Alodokter (2016) penyakit *stroke* dapat berdampak pada kehidupan dan kesejahteraan penderita dalam berbagai aspek. Proses rehabilitasinya spesifik dan tergantung pada gejala yang pasien alami dan seberapa parah gejala tersebut. Sejumlah ahli dan spesialis bisa membantu. Diantaranya adalah, psikolog, ahli terapi okupasi, ahli terapi bicara, perawat dan dokter spesialis, serta fisioterapi. Untuk dampak secara fisik yang terjadi akibat serangan *stroke*, di antaranya adalah kelumpuhan pada salah satu bagian sisi tubuh dan terganggunya koordinasi serta keseimbangan tubuh (Alodokter, 2016).

Berdasarkan hal tersebut dalam upaya membantu masa pemulihan pasien pascastroke Jurusan Teknik Mesin-FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tengah mengembangkan produk sepeda pascastroke yang diharapkan dapat membantu proses rehabilitasi pasien pascastroke. Terapi pemulihan pasien digolongkan menjadi 2 yaitu pemulihan *soft motoric* untuk mendukung aktivitas sehari-hari pasien dan pemulihan *gross motoric* untuk melatih gerak dasar tubuh yang latihan pergerakan tangan, kaki dan postural tubuh pasien. Produk sepeda pascastroke yang dikembangkan ditujukan dapat bersaing di pasar dengan produk-produk penunjang rehabilitasi sejenisnya (Oktavian, 2016). Sepeda pascastroke yang terakhir dikembangkan, sudah pada pengembangan yang ketiga yaitu rancangan Sandy Oktavian (2016). Sebelumnya sudah dilakukan pengembangan yang pertama oleh Rodika pada tahun 2014. Selanjutnya pengembangan kedua

oleh Syifa', dkk pada tahun 2015. Sepeda yang dirancang dikhususkan bagi pasien stroke yang sudah dapat menyangga badan dan duduk.

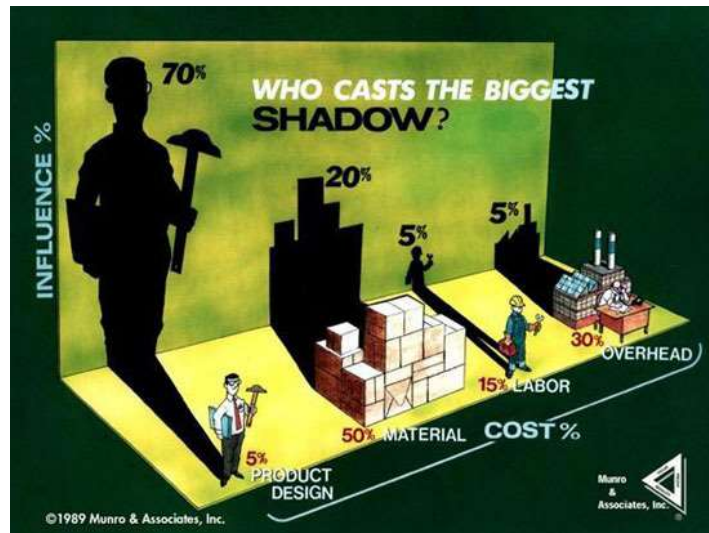


Gambar 1.1 Sepeda Pascastroke Generasi Ketiga (Oktavian, 2016)

Pengembangan sepeda pascastroke yang telah dilakukan pada ketiga rancangan tersebut telah mempertimbangkan beberapa aspek penting dalam pengembangan produk, seperti analisa material, analisa geometri, analisa ergonomi menggunakan RULA dan juga analisa beban kekuatan rangka. Namun hasil pengembangan sepeda pascastroke generasi ketiga masih terdapat kekurangan yaitu berat total sepeda yang cukup berat, dimana jika berat produk semakin ringan akan semakin baik dan juga biaya untuk memproduksinya masih terlalu tinggi sehingga kurang terjangkau oleh konsumen (Oktavian, 2016).

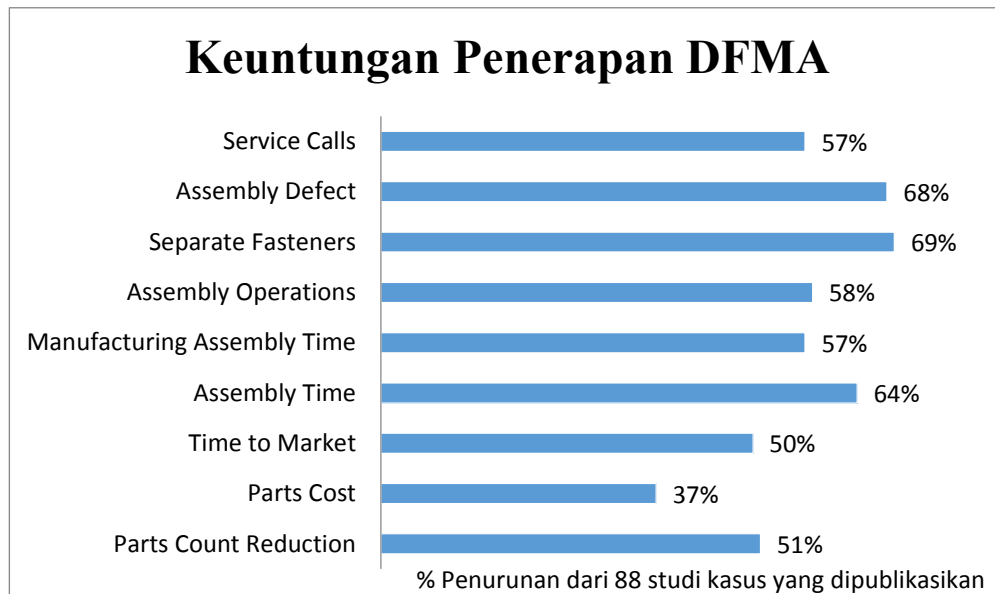
Karena tujuan akhir dari pengembangan produk ini adalah untuk komersialisasi, yang mana harga produk merupakan hal yang penting. Harga produk dipengaruhi oleh efisiensi proses produksi yang berkaitan dengan desain produk. Hal ini didasari dengan pernyataan yang dikemukakan Boothroyd dan Dewhurst (2002), bahwa dampak yang dihasilkan oleh proses desain dapat mencapai 70 % dari biaya total produksi, dimana biaya yang diperlukan untuk

proses desain hanya sebesar 5%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 berikut:



Gambar 1.2 Pengaruh Tiap Bagian Pengembangan Produk Pada Biaya Produksi (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)

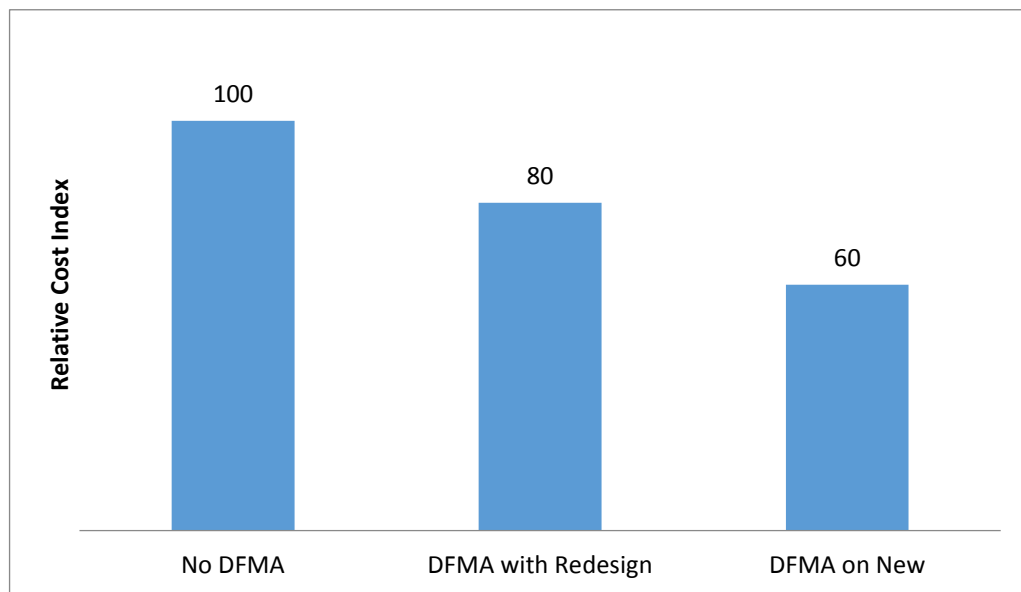
Untuk menghasilkan produk yang memiliki desain yang efisien salah satu teknik yang dapat digunakan adalah *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). DFMA merupakan salah satu teknik yang mempertimbangkan baik dari kemudahan perakitan dan kemudahan manufaktur komponen sejak tahap awal mendesain produk dengan tujuan meminimalkan biaya (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002). Penerapan DFMA dipermudah dengan adanya *software* yang dikembangkan oleh Boothroyd Dewhurst, Inc.



Gambar 1.3 Keuntungan Penerapan DFMA (Jayaraman, 2015)

Pada Gambar 1.3 ditunjukkan beberapa keuntungan yang didapat dari penerapan DFMA. Diantaranya adalah penurunan biaya komponen yang mencapai 37%, pengurangan jumlah komponen sebesar 51%, pengurangan waktu perakitan sebesar 64% serta penurunan jumlah operasi perakitan mencapai 58%.

Salah satu contoh perusahaan yang telah menggunakan pendekatan DFMA adalah Hewlett Packard (HP) Loveland yaitu perusahaan yang bergerak di bidang teknologi. Pada pertengahan 1980 HP menerapkan DFMA dan melakukan redesain dari produk eksisting dan juga dilanjutkan pada produk baru. Hasil yang diperoleh HP terhadap penerapan DFMA terbukti meningkat dan berhasil melakukan reduksi biaya sebesar 40% dibandingkan tanpa DFMA (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002). Gambar 1.4 menunjukkan dampak penggunaan DFMA pada produk di Hewlett Packard bahwa dengan menerapkan DFMA dapat menekan biaya.



Gambar 1.4 Pengaruh DFMA Pada Biaya Produk di Hewlett-Packard (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)

Jadi pada penelitian ini konsep DFMA akan digunakan untuk *re-design* produk sepeda pascastroke generasi ketiga, sehingga dapat menghasilkan desain baru sepeda pascastroke yang lebih efisien dengan memperhatikan kemudahan manufaktur dan perakitan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana *me-re-design* sepeda pascastroke dengan menggunakan pendekatan *design for manufacturing and assembly* (DFMA).

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengevaluasi desain awal dengan analisa DFA.
2. Membuat desain baru berdasarkan hasil evaluasi desain awal sepeda pascastroke.
3. Menganalisa desain baru dengan menggunakan DFMA.
4. Menentukan pilihan desain baru yang terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir yang dilakukan ini adalah mempermudah proses manufaktur dan perakitan sepeda pascastroke sehingga dapat dikomersialkan dan kompetitif dengan produk sejenis di pasar.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 2, yaitu batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Objek yang dianalisa yakni sepeda pascastroke generasi ke III rancangan Sandy Oktavian tahun 2016.
2. Objek ditujukan untuk penderita pascastroke, yaitu penderita yang sudah mampu menyangga badan dan duduk.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Waktu perakitan yang digunakan adalah waktu standar berdasarkan metode Boothroyd dan Dewhurst.
2. Pihak manufaktur dapat mewujudkan desain dengan peralatan yang dimiliki.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan penelitian tugas akhir ini berisi penjelasan ringkas dari masing-masing bagian yang terdapat dalam laporan. Berikut merupakan sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini.

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini, manfaat yang didapatkan

dari penelitian ini, batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian, dan skema penulisan yang menjelaskan gambaran umum dari penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka terdiri dari dasar-dasar teori yang mendukung penelitian, studi yang sudah pernah dilakukan pada area penelitian yang sama, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian memberikan gambaran dari langkah sistematis pengerjaan dari penelitian ini.

BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab Pengumpulan dan Pengolahan Data ini akan dijelaskan secara sistematis terkait dengan metode pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan di awal.

BAB V: ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab Analisis dan Interpretasi Data ini akan dilakukan analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis dan interpretasi data akan dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan dengan kondisi sesuai literatur yang digunakan.

BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab Kesimpulan dan Saran ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai Produk Sepeda Pascastroke, *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA), *Design for Assembly* (DFA), *Design for Manufacture* (DFM) dan *Software DFMA* serta contoh studi kasus penerapan DFMA yang terkait dengan proses pengerjaan serta landasan teori lainnya dalam proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

2.1 Produk Sepeda Pascastroke

Produk sepeda pascastroke yang dikembangkan Jurusan Teknik Mesin-FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sudah memulai pengembangan sepeda pascastroke pada tahun 2014. Generasi pertama sepeda pascastroke pada tahun 2014 dirancang oleh Rodika.



Gambar 2.1 Sepeda Pascastroke Rancangan Rodika Tahun 2014
(Oktavian, 2016)

Proses pemulihan terapi pasien pascastroke terdapat dua jenis yaitu terapi *soft motoric* untuk mendukung aktivitas sehari-hari dan *gross motoric* untuk melatih gerak dasar tubuh. Gerak dasar tubuh yang umumnya dilakukan pada rehabilitasi yaitu dengan melatih pergerakan tangan, kaki dan postural tubuh pasien. Sepeda pascastroke yang dirancang oleh Rodika tidak dapat mencakup kebutuhan untuk terapi gerak pada bagian tangan, karena pada bagian tangan

hanya untuk mengarahkan laju sepeda. Oleh karena itu pengembangan selanjutnya sepeda pascastroke rancangan Syifa' tahun 2015 ditambahkan fungsi yang membantu terapi gerakan tangan.



Gambar 2.2 Sepeda Pascastroke Rancangan Syifa' Tahun 2015 (Oktavian, 2016)

Sepeda pascastroke rancangan Syifa' memiliki panjang 1710 mm, lebar 850 mm, dan tinggi 1030 mm. Konsep sepeda tersebut dilengkapi dengan mekanisme lipat pada bagian belakang dan pada rangka depan bagian kanan dan kiri sepeda tersebut cukup ringan, sehingga sepeda dengan mudah dapat diangkat (Oktavian, 2016).

Dari uji fungsi dapat diketahui bahwa sepeda dapat dikayuh dengan tangan maupun kaki. Namun karena banyak mekanisme lipatan pada rangka utama, maka sepeda menjadi tidak *rigid*, dan susah untuk di belokkan. Sehingga selanjutnya dilakukan pengembangan kembali oleh Sandy Oktavian pada tahun 2016. Pengembangan yang dilakukan Sandy mampu menutupi evaluasi dari sepeda pascastroke rancangan Syifa'. Pada rancangannya, Sandy menghilangkan mekanisme lipat pada sepeda karena merupakan faktor yang membuat sepeda menjadi tidak *rigid*. Sepeda rancangan Sandy juga mampu memenuhi kebutuhan untuk terapi gerakan kaki dan tangan.



Gambar 2.3 Sepeda Pascastroke Rancangan Sandy Tahun 2016 (Oktavian, 2016)

Proses manufaktur pada sepeda rancangan Sandy yang digunakan antara lain adalah *pipe cutting*, *gas tungsten arc welding (GTAW)*, *bending* dan *turning*. Sedangkan untuk material yang digunakan adalah *alloy steel ASTM A36*. Material ini dipilih untuk memenuhi rangka sepeda yang *rigid*. Namun karena struktur rangka yang terkesan kompleks membuat berat total sepeda ini melebihi berat sepeda pada umumnya. Berat produk yang ringan akan memudahkan dalam mengemudikan. Biaya yang diperlukan untuk memproduksi menjadi lebih besar.

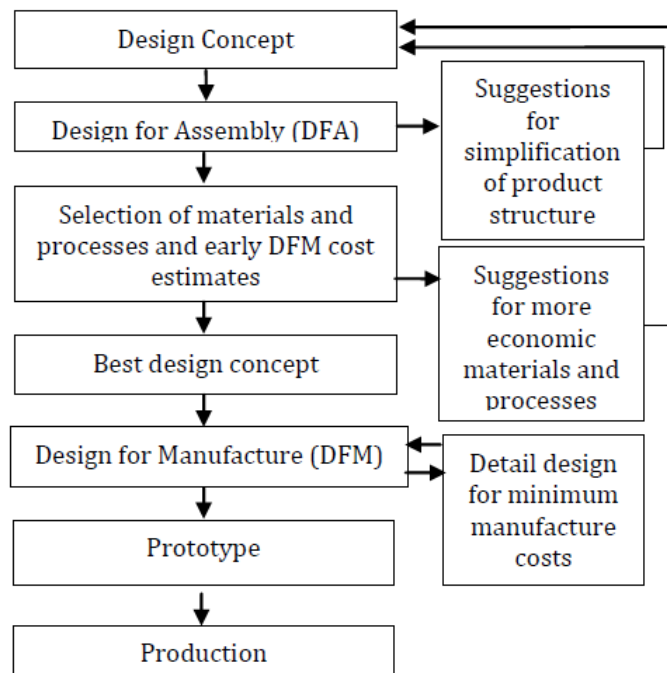
2.2 Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) merupakan gabungan dari *Design for Manufacturing (DFM)* dan *Design for Assembly (DFA)*. DFM adalah untuk memudahkan manufaktur dari seluruh komponen yang akan dirakit dan DFA adalah untuk memudahkan perakitan (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002). DFMA digunakan untuk tiga aktivitas utama:

- Mengarahkan tim desain dalam menyederhanakan struktur produk, mengurangi biaya manufaktur dan perakitan dan untuk mengukur perbaikan.

- Sebagai alat pembanding untuk mempelajari produk pesaing dan mengukur kesulitan manufaktur dan perakitannya.
- Sebagai alat untuk membantu negosiasi kontrak pemasok/*supplier*.

Tahapan-tahapan pada analisa DFMA digambarkan pada *flowchart* berikut (Gambar 2.4);



Gambar 2.4 *Flowchart* Tahap Penerapan Metode DFMA (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)

Tahap-tahap DFMA diawali oleh konsep desain dari suatu produk baru atau pengembangan produk yang sudah ada. Peninjauan yang pertama dilakukan yaitu dari DFA. DFA bertujuan untuk mengurangi kompleksitas produk supaya mudah dirakit dan menghasilkan waktu perakitan yang lebih rendah. Setelah itu dilanjutkan dengan DFM untuk menentukan proses manufaktur yang sesuai untuk memproduksi produk tersebut berdasarkan material terpilih yang akan digunakan pada produk. Terdapat beberapa *looping process* yang terjadi selama penerapan metode DfMA. *Looping process* ini bertujuan untuk menyelesaikan problem di tengah-tengah pengembangan produk dengan cepat tanpa perlu menunggu keseluruhan tahapan pengembangan produk selesai dilakukan. Pada akhirnya yang akan masuk ke tahap produksi merupakan desain yang telah benar-benar lolos keseluruhan tahap DFMA. Penerapan DFMA saat ini terbantu dengan

keberadaan software terintegrasi, seperti *software DFM Concurrent Cost* dan *software Design for Assembly*, yang mampu menampilkan *cost* serta *DFA Index* sebagai pertimbangan dalam membuat desain.

2.3 Design for Assembly (DFA)

Design for Assembly (DFA) adalah salah satu dari beberapa metode desain yang ditunjukkan untuk mengurangi biaya perakitan dengan cara meminimalisasi jumlah komponen yang dirakit dalam sebuah produk. Pendekatan DFA dari Boothroyd dan Dewhurst adalah dengan mengukur indeks perancangan untuk menunjukkan tingkat efisiensi dari suatu rancangan yang disebut DFA indeks. Indeks tersebut diukur berdasarkan waktu perakitan total yang dikonversikan dalam satuan biaya. Untuk meningkatkan indeks DFA beberapa diantaranya adalah dengan meminimalisasi jumlah komponen yang tidak memiliki fungsi atau berfungsi minimum pada struktur produk dan atau dengan mengkombinasikan beberapa komponen untuk mengurangi waktu perakitan total (Batan, 2012).

Secara umum metode dari Boothroyd dan Dewhurst memiliki tahapan berikut (Chan & Salustri, 2005);

1. Pilih metode perakitan tiap komponen.
2. Analisa komponen berdasarkan metode perakitan yang dipilih.
3. Perhalus desain untuk menjawab kekurangan yang telah teridentifikasi pada analisis.
4. Ulangi langkah kedua hingga menghasilkan analisa yang baik.

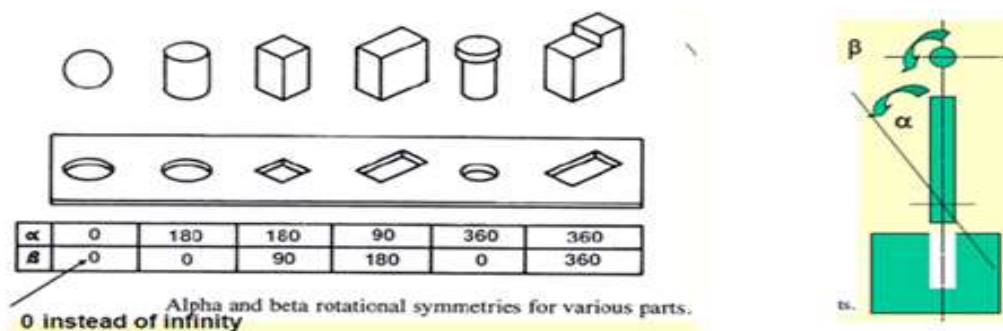
Analisa dengan metode Boothroyd dan Dewhurst menggunakan lembar kerja (Tabel 2.1) untuk mengestimasi waktu *handling* dan *insertion* komponen. Berikut tabel lembar kerja analisa dengan metode Boothroyd dan Dewhurst;

Tabel 2.1 Contoh Lembar Kerja Boothroyd dan Dewhurst DFA (Chan & Salustri, 2005)

a	B	C	d	E	f	g	h	i*	
Part ID#	# of consecutive identical operations	2-digit handling code	Manual handling time/part	2-digit insertion code	Manual insertion time/part	Operation time (bd+f)	Operation cost	Essential part?	Name of assembly
Totals go here ->						$T_m =$	$C_m =$	$N_m =$	

Cara pengisian informasi pada lembar kerja Boothroyd dan Dewhurst berdasarkan kolomnya adalah;

- Kolom a berisikan keterangan nomor *Part ID*.
- Kolom b berisikan keterangan nomor operasi.
- Kolom c berisikan kode *handling* yang terdapat dua digit kode yang dipilih dari *manual handling chart*. Proses *handling* ditentukan berdasar skema klasifikasi bagaimana cara memegang komponen (dengan tangan atau alat bantu), bagaimana orientasi komponen pada perakitan apakah tegak lurus (α) atau sejajar (β) dengan sumbu x dan ukuran serta ketebalan komponen.



Gambar 2.5 Perhitungan Orientasi Komponen α dan β (Pough, 1991)

MANUAL HANDLING – ESTIMATED TIMES (seconds)

Key:

ONE HAND

parts are easy to grasp and manipulate						parts present handling difficulties (1)					
thickness > 2 mm			thickness ≤ 2 mm			thickness > 2 mm			thickness ≤ 2 mm		
size > 15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	size < 6 mm	size > 6 mm	size ≤ 6 mm		size > 15 mm	6 mm ≤ size ≤ 15 mm	size < 6 mm	size > 6 mm	size ≤ 6 mm	
0	1	2	3	4		5	6	7	8	9	
0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98	
1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38	
2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7	
3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4	

parts can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools

$(\alpha + \beta) < 360^\circ$
 $360^\circ \leq (\alpha + \beta) < 540^\circ$
 $540^\circ \leq (\alpha + \beta) < 720^\circ$
 $(\alpha + \beta) = 720^\circ$

ONE HAND with GRASPING AIDS

parts need tweezers for grasping and manipulation								parts need standard tools other than tweezers	parts need special tools for grasping and manipulation		
parts can be manipulated without optical magnification				parts require optical magnification for manipulation							
parts are easy to grasp and manipulate		parts present handling difficulties (1)		parts are easy to grasp and manipulate		parts present handling difficulties (1)					
thickness > 0.25 mm	thickness ≤ 0.25 mm	thickness > 0.25 mm	thickness ≤ 0.25 mm	thickness > 0.25 mm	thickness ≤ 0.25 mm	thickness > 0.25 mm	thickness ≤ 0.25 mm				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
4	3.6	6.85	4.35	7.6	5.6	8.35	6.35	8.6	7		
5	4	7.25	4.75	8	6	8.75	6.75	9	8		
6	4.8	8.05	5.55	8.8	6.8	9.55	7.55	9.8	8		
7	5.1	8.35	5.85	9.1	7.1	9.55	7.85	10.1	9		
									10		

parts can be grasped and manipulated by one hand but only with the use of grasping tools

$0 \leq \beta \leq 180^\circ$
 $\beta = 360^\circ$
 $0 \leq \beta \leq 180^\circ$
 $\beta = 360^\circ$

parts present no additional handling difficulties

parts present additional handling difficulties (e.g. sticky, delicate, slippery, etc.) (1)

Gambar 2.6 Perhitungan Orientasi Komponen α dan β (Lanjutan) (Pough, 1991)

- d. Kolom d berisikan keterangan *handling time* yang diperoleh dari *manual handling chart* yang sesuai.
- e. Kolom e berisikan keterangan kode *insertion* yang dipilih dari *manual insertion chart*.

MANUAL INSERTION-ESTIMATED TIMES (s)

Key: Part added but not secured Part added but not secured

		After assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)			
		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly	
		No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)
Addition of any part (1) where neither the part itself nor any other part is firmly secured immediately	Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location	0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	7.5
	Due to obstructed access or restricted vision (2)	1	4	5	5	6	8	9	10
	Due to obstructed access and restricted vision (2)	2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	11.5

Gambar 2.7 Perhitungan *Insertion Time* (Pough, 1991)

<div><div></div><div>Part secured immediately</div></div> <div>Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily</div> <div>Due to obstructed access or restricted vision (2)</div> <div>Due to obstructed access and restricted vision (2)</div>		No screwing operation or plastic deformation immediately after insertion (snap/press fits, circlips, spire nuts, etc.)		Plastic deformation immediately after insertion								Screw tightening immediately after insertion	
				Plastic bending or torsion				Riveting or similar operation					
				Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)	Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)				
		Easy to align and position with no resistance to insertion (4)	Not easy to align or position during assembly and/or resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	No resistance to insertion (5)	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	No resistance to insertion (5)	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4)	Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3	Due to obstructed access or restricted vision (2)	3	5	4	5	6	7	8	9	6	8		
4	Due to obstructed access and restricted vision (2)	4.5	7.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	8.5	10.5		
5	Due to obstructed access and restricted vision (2)	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12		

Gambar 2.8 Perhitungan *Insertion Time*(Lanjutan) (Pough, 1991)

- Kolom f berisikan keterangan *insertion time* yang didapat dari *chart* yang sesuai.
- Kolom g berisikan keterangan perhitungan total waktu operasi yang diperoleh dari perkalian kolom b dengan kolom d dan dijumlahkan dengan kolom f.
- Kolom h berisikan keterangan biaya operasi.
- Kolom i berisikan apakah komponen merupakan komponen yang esensial atau tidak. Menentukannya adalah dengan tiga pertanyaan sebagai berikut;
 - Apakah komponen mempunyai pergerakan relative terhadap komponen lain yang telah dirakit sebelumnya?
 - Apakah material dari komponen tersebut harus berbeda dari material komponen lain?
 - Apakah komponen perlu dipisahkan dalam perakitan?

Jika dari ketiga pertanyaan tersebut jawabannya tidak, maka komponen tersebut tidak esensial. Sehingga pada kolom i diisi dengan 0. Jika ada satu jawaban ya dari ketiga pertanyaan tersebut maka kolom i diisi dengan 1.

Kemudian dari hasil lembar kerja tersebut dihitng DFA indeks dengan rumus;

$$E_m = \frac{N_m \times t_a \times 100}{T_m} \quad (2.1)$$

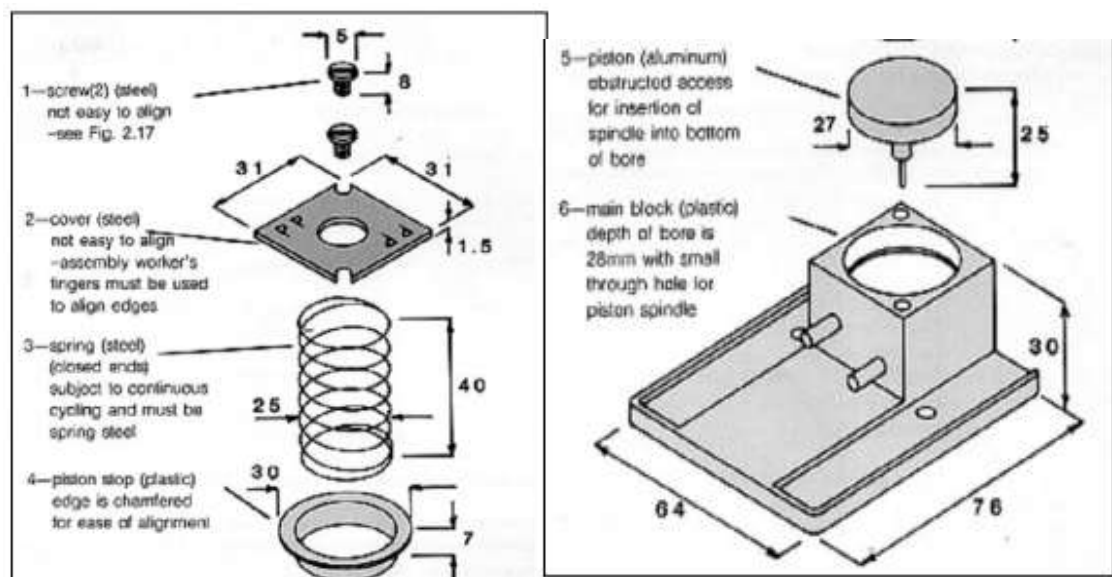
Dengan E_m adalah indeks efisiensi desain, N_m adalah jumlah minimum komponen teoritis, t_a adalah waktu tercepat untuk merakit satu komponen (ideal = 3 detik) dan T_m adalah total waktu perakitan.

2.4 Design for Manufacture (DFM)

Design for Manufacture (DFM) merupakan pendekatan untuk mengestimasi biaya manufaktur pada proses awal desain. Beragamnya pilihan teknologi proses untuk memmanufaktur sebuah komponen serta jenis bahan material yang bermacam-macam membuat para *designer* tidak memungkinkan untuk mengetahui seluruh informasi. Untuk itu DFM membantu mengestimasi biaya lebih awal untuk dapat memutuskan alternatif proses serta material yang tepat tanpa harus mempraktikkan secara langsung. DFM juga merupakan bagian dalam DFMA yang menyediakan informasi manufaktur kedalam analisa pengurangan biaya pada DFA (Boothroyd and Dewhurst, Inc., 2016).

2.5 DFMA Software

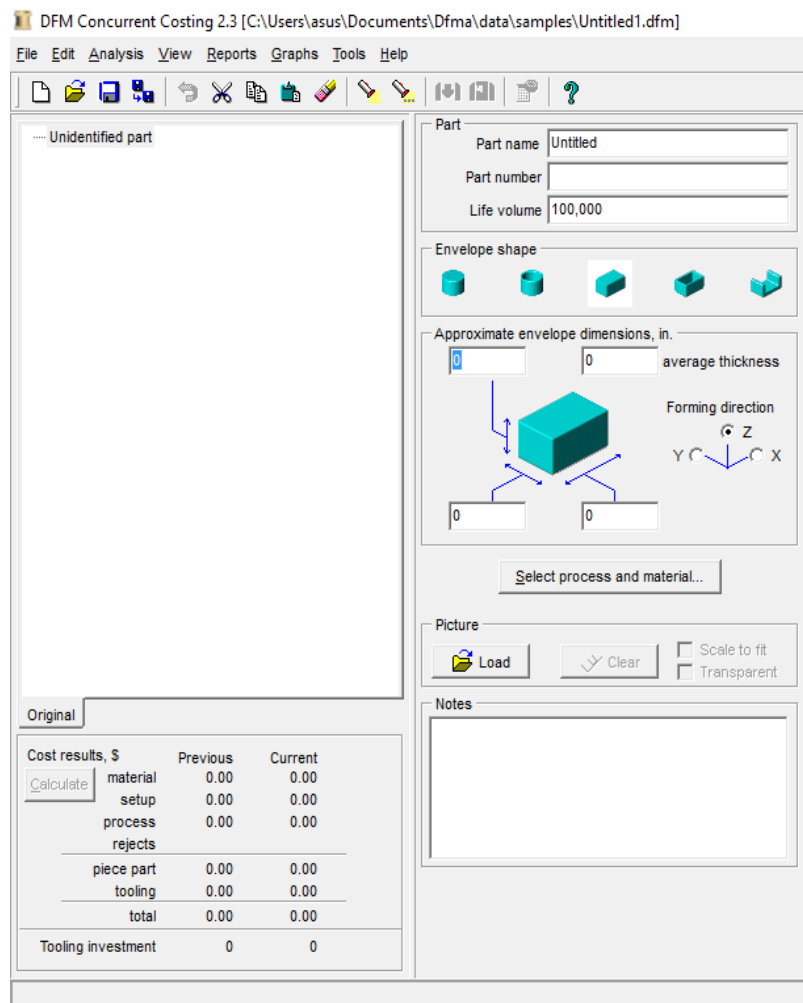
Pada subbab ini akan dijelaskan contoh penggunaan dan langkah-langkah mengoperasikan DFMA *software* Boothroyd dan Dewhurst (Nawawi, 2014), adapun contoh produk yang digunakan adalah sebuah *piston-assembly design*.



Gambar 2.9 *Piston-assembly design* (Nawawi, 2014)

2.5.1 DFM Software

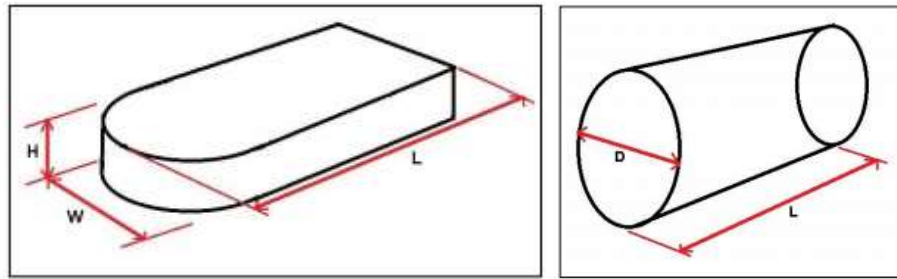
Untuk memulai DFM *software*, pengguna harus menekan ikon DFM *Concurrent Costing*. Kemudian muncul kotak dialog DFM *software* (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Tampilan Kotak Dialog DFM Software (Nawawi, 2014)

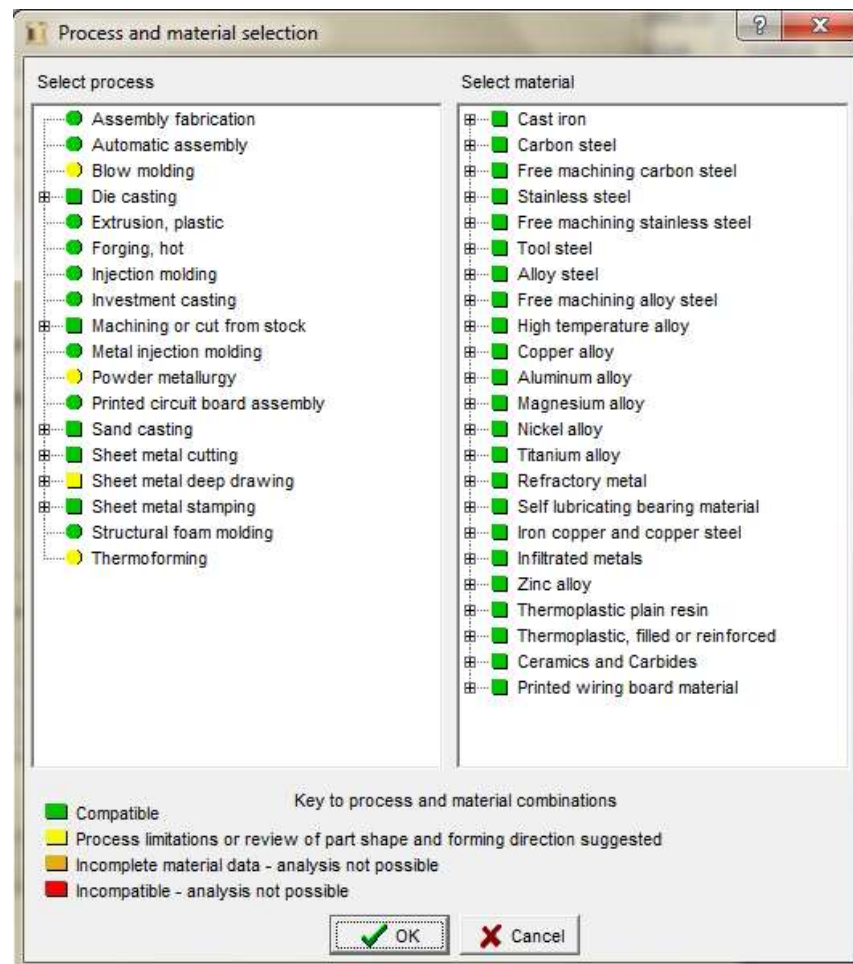
- Untuk mengubah satuan unit, klik *Tools* → *Set Unit*. Disini pengguna dapat menentukan satuan unit yang akan digunakan.
- Pengguna memasukkan nama komponen. Nomor komponen juga dapat dimasukkan bila tersedia.
- Nilai bawaan *Life Volume* adalah 100.000 unit. Nilai ini menunjukkan jumlah komponen yang dimanufaktur.
- Tahap selanjutnya adalah memilih *Envelope Shape* yang mewakili bentuk komponen. Jika komponen memiliki ruang didalamnya, pengguna harus memilih *Envelope shape with hollow characteristic*.

e. Kemudian isi ukuran dimensi komponen.



Gambar 2.11 Dimensi *Box-shaped* (Kiri) dan *Cylinder-shaped* (Kanan) (Nawawi, 2014)

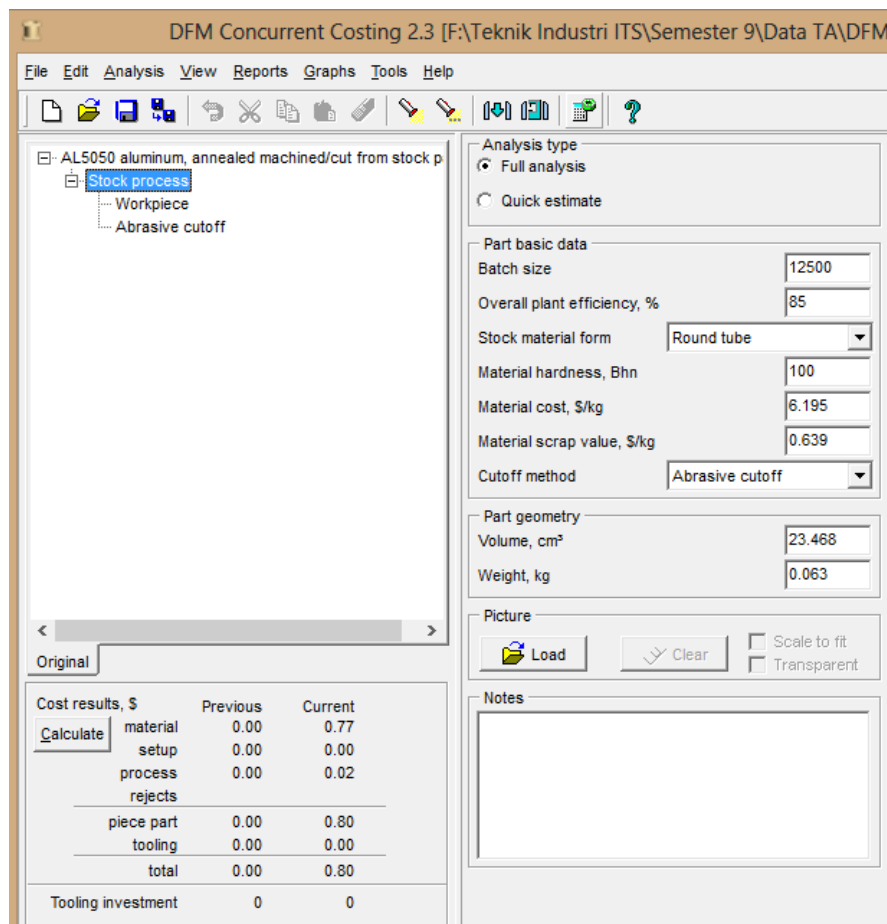
f. Tahap selanjutnya memilih proses manufaktur dan material komponen dengan klik *Select process and material* pada kotak dialog.



Gambar 2.12 Tampilan Kotak Dialog *Selecting Process and Material* (Nawawi, 2014)

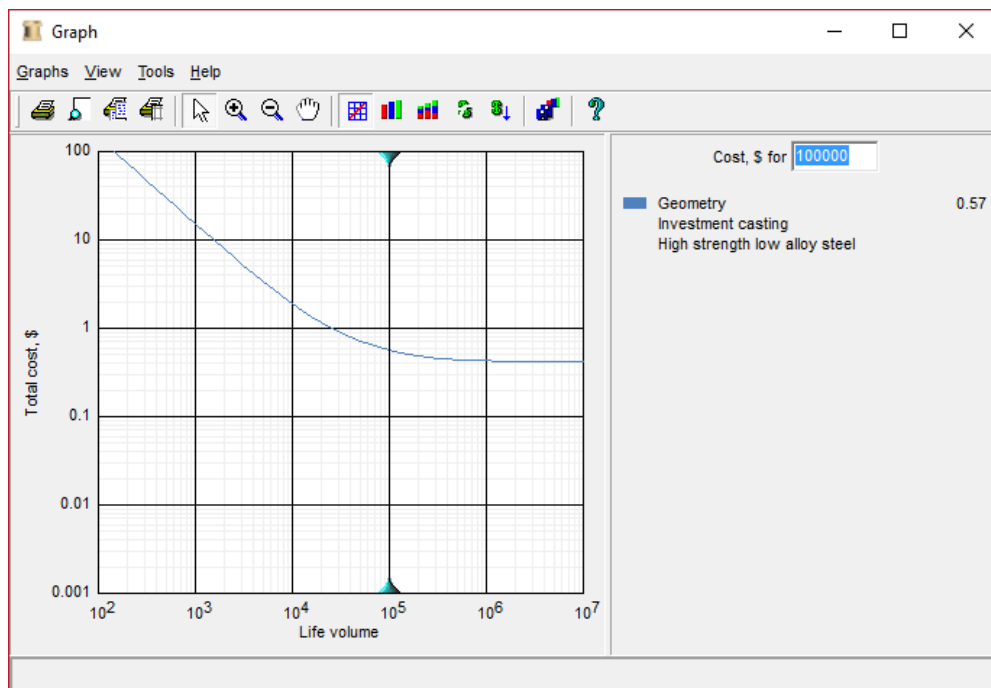
g. Saran pemilihan adalah pertama memilih material dan kemudian memilih proses manufakturnya.

- h. Setelah menekan OK, DFM *Software* akan menghitung biaya untuk sebuah komponen jika total produksi sama dengan *Live Volume*. Sebagai contoh diawal tadi komponen diproduksi 100.000 buah, biaya per satuan komponen A adalah RM X.
- i. Fitur lain yang berguna dari DFM *Software* adalah pengguna dapat menyesuaikan nilai berbagai parameter yang terkait dengan manufaktur proses, parameter mesin dan parameter proses.
- j. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada bagian kiri-bawah kotak dialog (Gambar 2.13).



Gambar 2.13 Hasil Penghitungan Berdasar Proses dan Material Dipilih (Nawawi, 2014)

Pengguna juga dapat melihat hasil dalam bentuk grafik dengan memilih menu *Graph* untuk dapat menganalisa hasil lebih luas.



Gambar 2.14 Hasil DFM *Software* Dalam Bentuk Grafik (Nawawi, 2014)

Dengan menggunakan grafik juga, pengguna dapat membandingkan biaya yang dihabiskan bila menggunakan proses atau material yang berbeda.

Perlu diketahui bahwa untuk tiap komponen memiliki satu DFM *file* (Analisis). Sehingga, jika produk terdiri dari 30 komponen diperlukan juga 30 DFM *Analyses*.

2.5.2 DFA Software

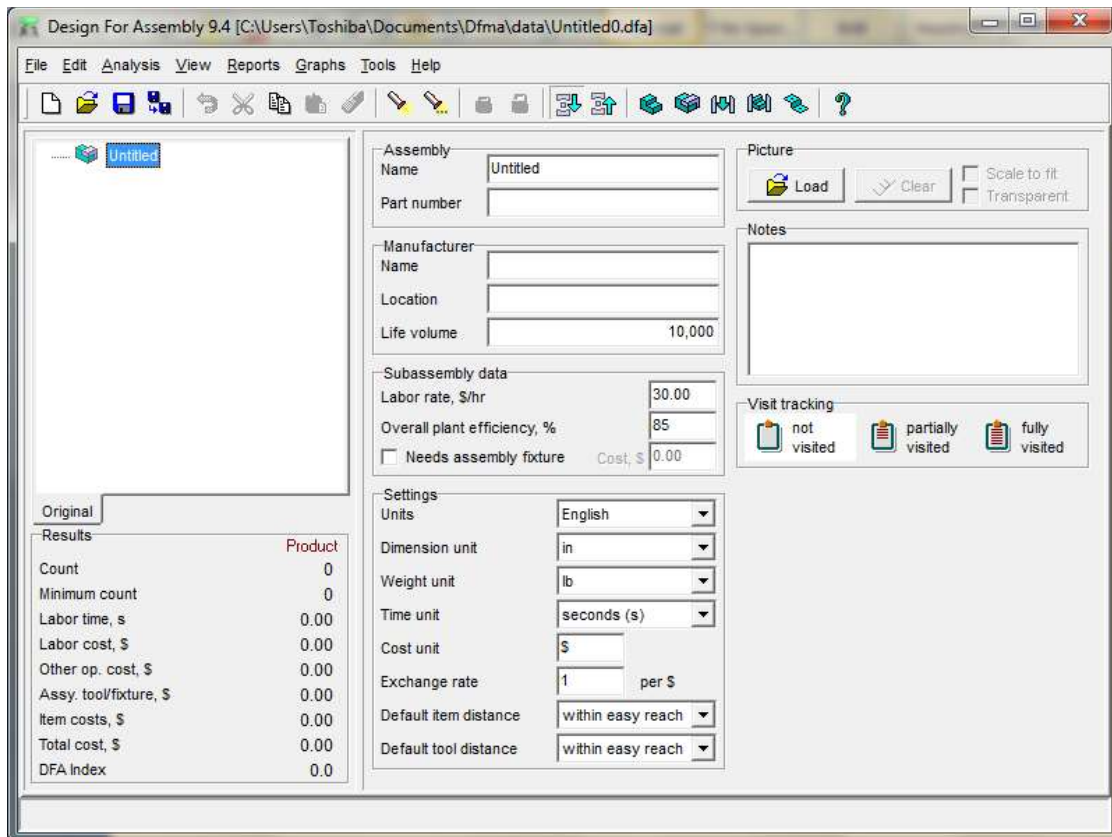
DFA *software* digunakan untuk mengevaluasi proses perakitan sebuah produk. Tujuan utama dari *software* ini adalah untuk menyederhanakan proses perakitan sehingga waktu dan biaya yang diperlukan dapat direduksi (Nawawi, 2014). Berikut runtutan penggunaan DFA *software*;

❖ Memulai DFA *Software*

Untuk memulai, pengguna perlu menekan ikon aplikasi dengan nama *Design for Asswmbly*. Tampilan kotak dialog ditunjukkan Gambar 2.13;

- a. Pengguna dapat mengganti satuan ukuran yang digunakan pada kotak *Settings*.

b. Selanjutnya, nama produk dapat diketik pada *Name textbox*.



Gambar 2.15 Tampilan Kotak Dialog DFA Software (Nawawi, 2014)

❖ Menambahkan Komponen

Ada dua cara untuk menambahkan komponen. Pengguna dapat menuju *Analysis menu* atau menekan ikon seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.16 Menu Menambahkan Komponen (Nawawi, 2014)

- Ikon pertama digunakan untuk menambah komponen pada perakitan. Ikon ini berguna bila komponen tidak memiliki DFM *file*.
- Ikon kedua adalah untuk menambahkan *sub-assembly*. *Sub-assembly* adalah sebuah kombinasi dari beberapa komponen.
- Ikon ketiga untuk menambahkan operasi seperti pengelasan, solder, dll.

- d. Ikon keempat untuk menambahkan komponen dari *library*. Umumnya komponen pada *library* adalah *fasteners* seperti mur, baut, dan *washers*.
- e. Ikon terakhir adalah menambahkan komponen dari DFM *analyses*. Pada modul ini digunakan data komponen yang telah tersedia pada DFM *analyses*.

❖ Mendefinisikan Komponen

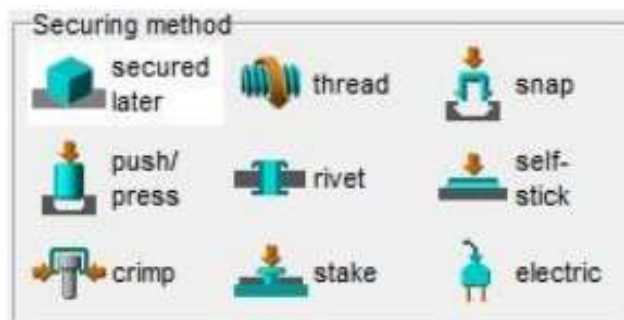
The screenshot shows a 'Definition' dialog box with the following fields and options:

- Name:** main block
- Part number:** (empty field)
- Repeat count:** 1
- Item type:** Two radio buttons are present: 'part' (selected) and 'sub-assembly'.

Gambar 2.17 Tampilan Kolom Definisi Komponen (Nawawi, 2014)

Pada Gambar 2.17, pengguna perlu mengisi informasi nama, nomor komponen, jumlah pengulangan dan juga menentukan apakah komponen merupakan *single part* atau *sub-assembly*.

❖ *Securing Method*



Gambar 2.18 Tampilan Kolom *Securing Method* (Nawawi, 2014)

Pada *securing method*, pengguna mendefinisikan bagaimana komponen dipasang pada komponen dasar atau komponen sebelumnya.

❖ *Minimum Part Criteria*

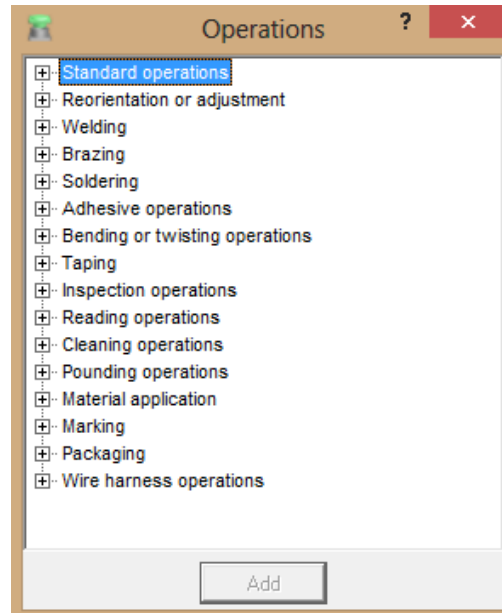


Gambar 2.19 Tampilan Kolom *Minimum Part Criteria* (Nawawi, 2014)

Pada tahap ini, komponen akan dipilih dalam kategori. Komponen yang potensial untuk dieliminasi atau digabung dengan komponen lain dapat diidentifikasi.

- Base Part* : Komponen pertama yang berfungsi sebagai dasaran untuk komponen yang lain yang akan dirakit.
- Material* : Sebuah komponen yang harus dibuat dari bahan yang berbeda dengan komponen yang lainnya.
- Movement* : Komponen yang tidak dapat dihilangkan karena digunakan untuk bergerak oleh komponen lainnya.
- Assembly* : Dua komponen tidak harus dikombinasikan jika sesuatu perlu disisipkan di antara komponen-komponen tersebut.
- Fastener* : Komponen yang digunakan untuk menggabungkan lebih dari dua komponen bersamaan. Komponen ini bisa dihilangkan, jika tidak dapat membahayakan fungsi dan daya tahan produk.
- Connector* : Komponen yang digunakan untuk menghubungkan lebih dari dua komponen tapi tidak memiliki fungsi yang signifikan.
- Others* : komponen yang tidak termasuk dalam kategori.

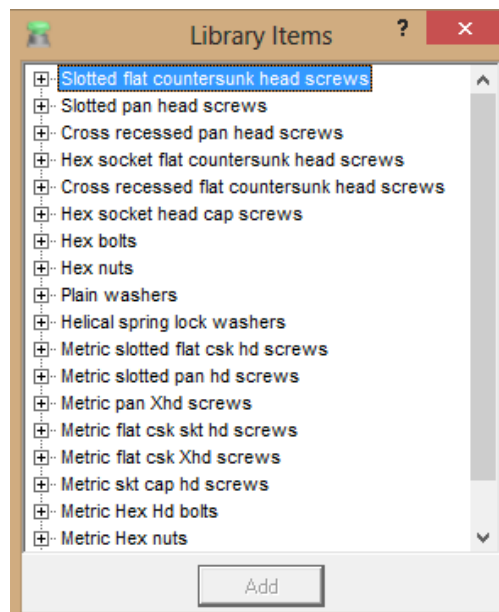
❖ *Adding Manufacturing Operations*



Gambar 2.20 Tampilan *Library* Operasi Manufaktur (Nawawi, 2014)

Pengguna dapat memilih operasi yang diinginkan. Contohnya untuk produk *piston-assembly*, operasi yang diperlukan adalah menambahkan oli untuk komponen. Untuk itu, pengguna perlu memilih *material application*.

❖ *Adding Fasteners from DFA Library*



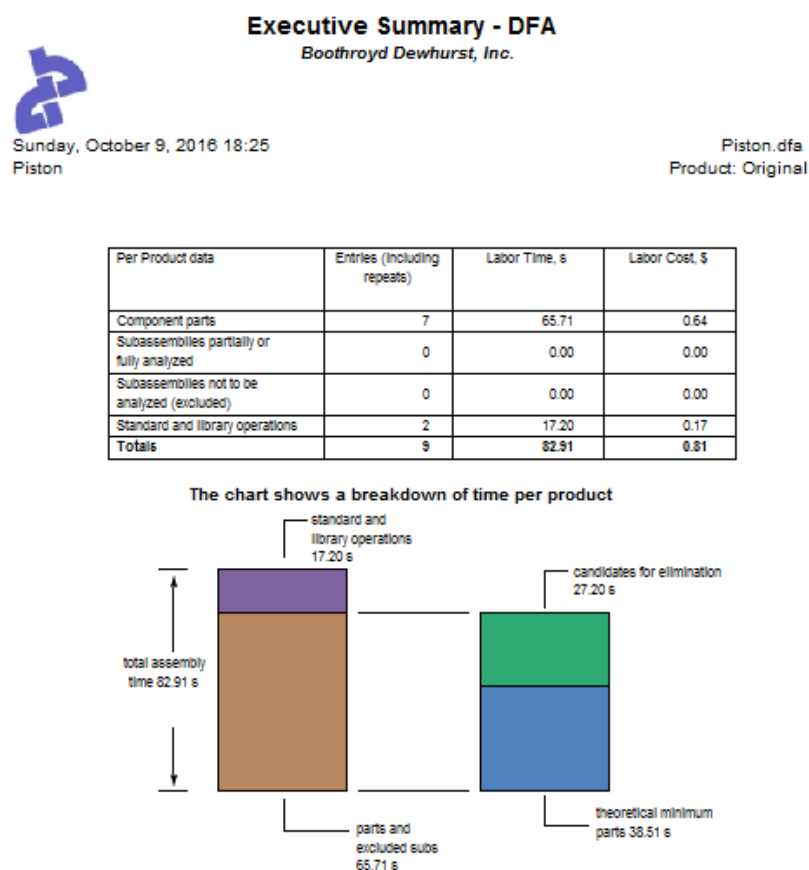
Gambar 2.21 Tampilan *Library Fasteners* (Nawawi, 2014)

Untuk menambahkan *fastener*, pengguna perlu menekan ikon keempat pada Gambar 2.14. berbagai tipe *fastener* dapat dilihat pada kotak dialog. Disarankan untuk pengguna mengetahui tipe dari sekrup pada produk yang digunakan.

❖ *Generate Result*

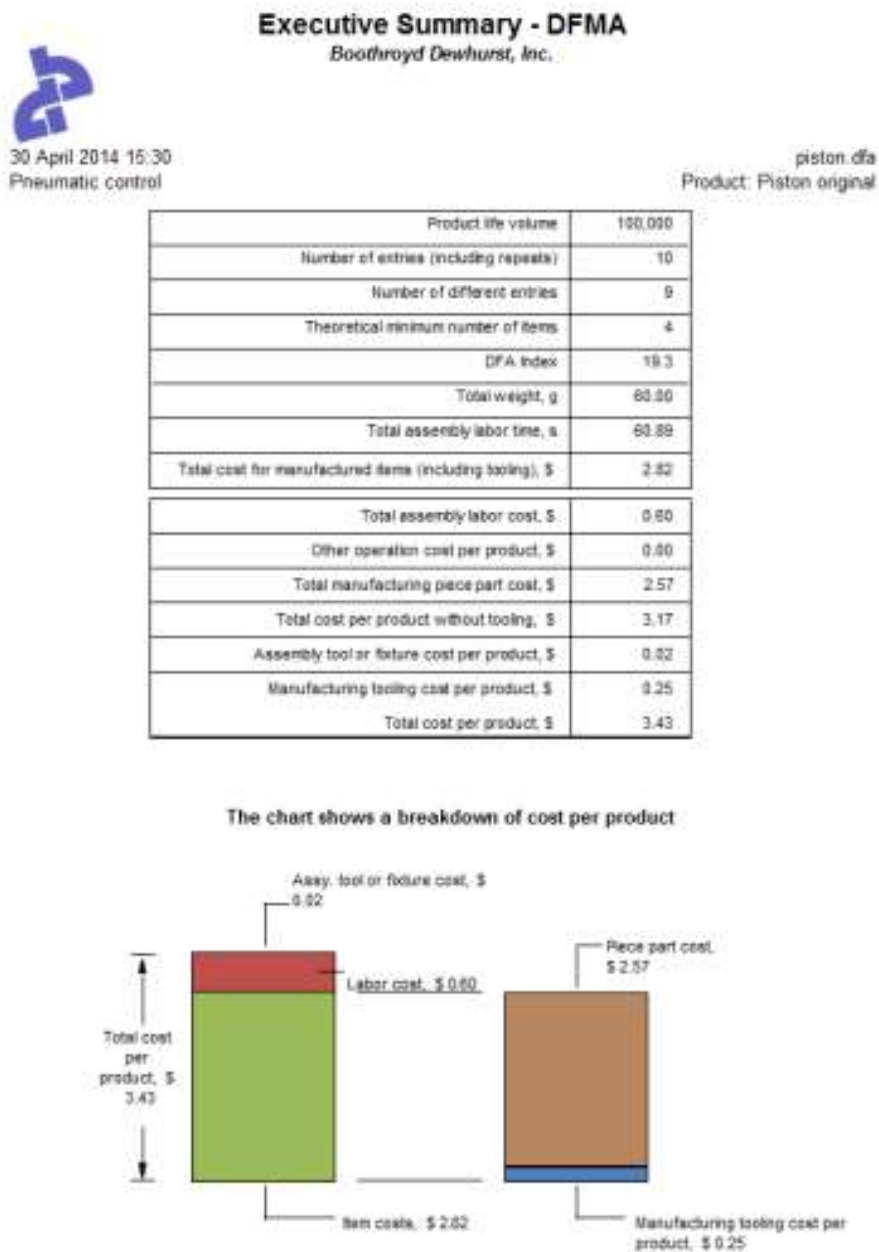
Hasil yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan *chart*. Untuk melihat hasilnya, pengguna dapat memilih pada *Reports menu*. Terdapat beberapa hasil laporan yang bisa dipilih pengguna, diantaranya;

a. *Executive Summary of DFA*




Gambar 2.22 Contoh *Executive Summary of DFA* (Nawawi, 2014)

b. *Executive Summary of DFMA*



Gambar 2.23 Contoh *Executive Summary of DFMA* (Nawawi, 2014)




c. *Product Worksheet*



Design for Assembly: Product Worksheet
Boothroyd Dewhurst, Inc.

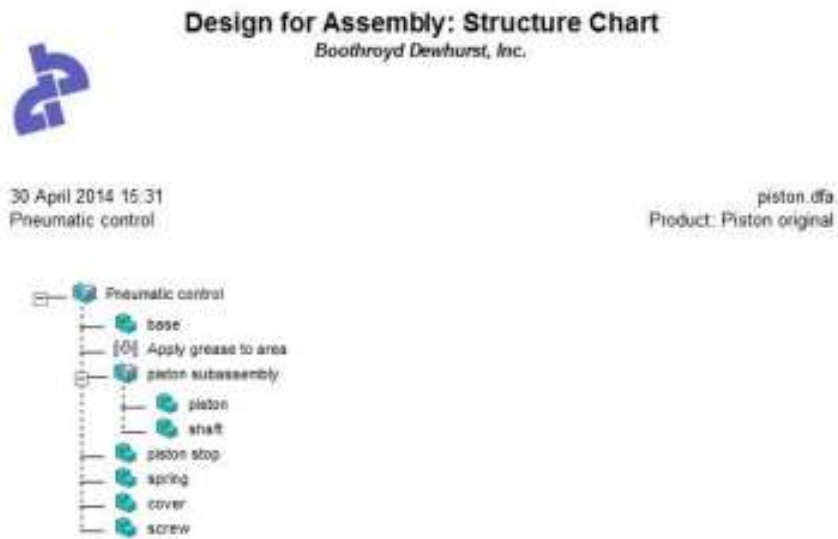
30 April 2014 15:31
Pneumatic control

piston.dfa
Product: Piston original

No.		Name	Part number	Type	Repeat count	Total count	Securing method	Minimum items	Minimum part criteria	Handling problems
1		Pneumatic control	1234	Main						
2		base	1234-1	Part	1	1	Sep. op		1 Base part	
3		Apply grease to area		Lib Op	1	1				
4		piston subassembly	1234-2	Sub	1	1	Sep. op		None	
5		piston	1234-2-1	Part	1	1	Sep. op		1 Movement	
6		shaft	1234-2-2	Part	1	1	Push		0 None	
7		Totals for piston subassembly				2			1	
8		piston stop	1234-3	Part	1	1	Sep. op		1 Assembly	
9		spring	1234-4	Part	1	1	Sep. op		1 Material	X
10		cover	1234-5	Part	1	1	Sep. op		0 None	
11		screw	1234-6	Part	2	2	Thread		0 Fasteners	
12		Totals for Pneumatic control				10			4	

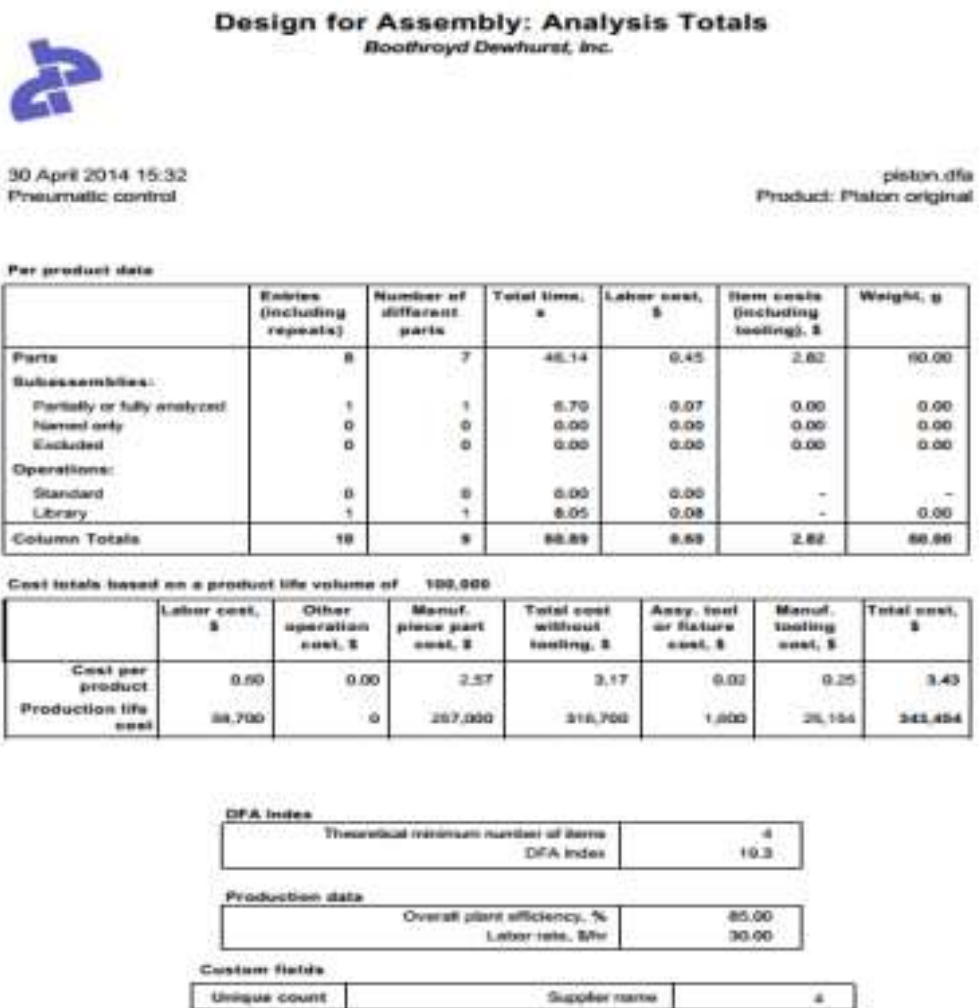
Gambar 2.24 Contoh *Product Worksheet* (Nawawi, 2014)

d. *Structure Chart*



Gambar 2.25 Contoh *Structure Chart* (Nawawi, 2014)

e. *Analysis Totals*



Gambar 2.26 Contoh *Analysis Totals* (Nawawi, 2014)

f. *Suggestions for Redesign*

Design for Assembly: Suggestions for Redesign
Boothroyd Dewhurst, Inc.

30 April 2014 15:33
Pneumatic control

piston.dfa
Product: Piston original

Incorporate integral fastening elements into functional parts, or change the securing methods, in order to eliminate as many as possible of the following separate fastening elements:

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Pneumatic control	screw	1234-6	2	17.90	29.40
Totals				17.90	29.40

Reduce the number of items in the assembly by combining with others or eliminating the following parts or subassemblies. Note that combining an item with another may eliminate further items such as fasteners or operations, resulting in much larger time reductions than those indicated.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Pneumatic control	cover	1234-5	1	7.35	11.92
piston subassembly	shaft	1234-2-2	1	8.55	14.86
Totals				15.90	25.98

Reduce separate operation times where possible. Try to improve or eliminate any which do not add value to the product and yet contribute significantly to assembly time.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Pneumatic control	Apply grease to area		1	8.05	13.23
Totals				8.05	13.23

Design locating features into mating parts of the assembly to eliminate the need for holding down the following items during the assembly process.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Pneumatic control	cover	1234-5	1	2.20	3.61
Totals				2.20	3.61

Gambar 2.27 Contoh *Suggestion for Redesign* (Nawawi, 2014)

2.6 Contoh Studi Kasus Penerapan DFMA

Pada subbab ini akan ditampilkan beberapa contoh studi kasus penerapan DFMA (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002);

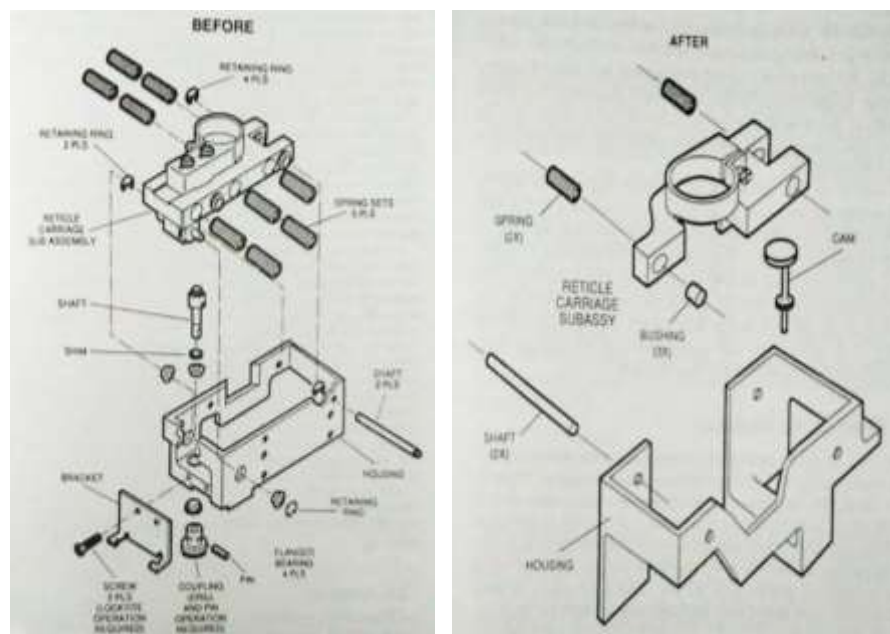
2.6.1 Industri Pertahanan

Kontraktor pertahanan memiliki kesulitan dalam menerapkan desain untuk perakitan dan manufaktur. Pembuat desain tidak begitu paham siapa yang dapat memproduksi produk yang didesain khusus untuk industry pertahanan. Sampai sekarang kontraktor pertahanan tidak memiliki intensif yang cukup untuk meminimalkan biaya produk.

Sebuah contoh produk yang digunakan adalah pemitar suhu pada senjata di kendaraan lapis baja. Pemitar suhu dimanufaktur oleh *Defense system and*

Electronics Group of Texax Instruments. Alat ini digunakan untuk melacak dan melihat sasaran pada malam hari dalam kondisi perang. Membuat stabil, penyesuaian yang tepat dari elemen optik kritis, ketika melakukan tembakan dari system senjata dan berjalan di medan yang tidak rata. Alat tersebut juga harus ringan, karena ini merupakan pertimbangan utama dari keseluruhan sistem.

Hasil dari analisa DFA menunjukkan bahwa *fasteners* dan *reorientations* dari perakitan memberi dampak pada lamanya waktu perakitan. Tujuan utama *redesign* produk adalah untuk mengurangi jumlah komponen yang kurang berguna dan mengurangi *reorientations*. Desain baru yang dianalisa menggunakan prosedur DFAmenghasilkan pengurangan jumlah komponen, yang awalnya terdapak 24 komponen yang berbeda berubah menjadi 8 buah komponen. Ini berarti bahwa dokumen, akuisisi dan persediaan dari 16 tipe komponen telah dieliminasi. Analisis DFMA disederhanakan desain akhir melalui pengurangan bagian dan juga dihitung waktu perakitan dan biaya perakitan. Menurut estimasi Zimmermann (*Principal Mechanical*), metode yang digunakan dapat menghemat lebih dari dua juta dollar pada fase desain.

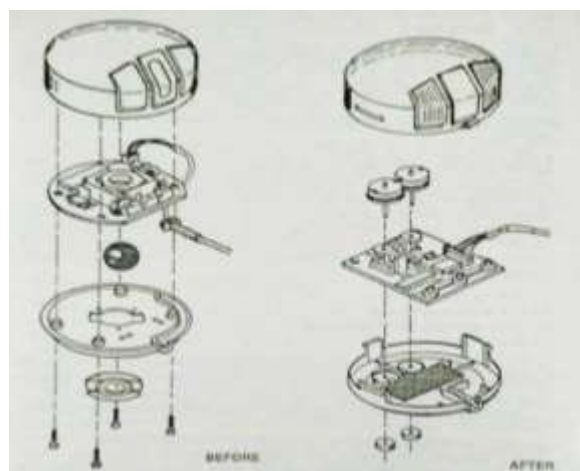


Gambar 2.28 Desain Sebelum dan Sesudah Produk Pemitar Suhu (Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 2002)

2.6.2 Komputer

Teknisi dari *Dell Computer Corporation* telah mendeskripsikan bagaimana mereka menggunakan beberapa alat termasuk DFMA untuk membantu desain dan manufaktur dari produk baru sasis computer. Mereka mampu mendapat 32% reduksi untuk waktu perakitan, 44% reduksi waktu pelayanan, jumlah komponen berkurang 50% dan biaya tenaga kerja langsung direduksi sampai 80%. Penghematan yang dilakukan distimasi mendekati 15 juta dollar saat itu.

Sebuah tim multifungsional pada *Digital Equipments Corporation* merancang ulang produk *mouse* komputer. Mereka memuali dengan membandingkan produk hasil perusahaan dengan produk perusahaan lain. DFMA juga digunakan untuk membandingkan jumlah komponen, waktu perakitan, operasi perakitan, biaya tenaga kerja dan total biaya produk. Gambar 2.24 menunjukkan *mouse* desain awal dan desain yang baru. Pada desain yang baru 130 detik waktu perakitan untuk tempat kerangka bola berkurang 15 detik untuk perangkat yang menggantikannya. Perubahan lain pada struktur produk juga menghasilkan penghematan biaya yang dikeluarkan. Jumlah total operasi perakitan yang semula terdapat 83 proses turun menjadi 54 proses untuk desain yang baru. Seluruh peningkatan ini ditambahkan pada *mouse* yang memerlukan waktu perakitan selama 277 detik, dibandingkan dengan 592 detik pada desain konvensional sebelumnya.



Gambar 2.29 Desain Sebelum dan Sesudah Produk *Mouse* (Nawawi, 2014)

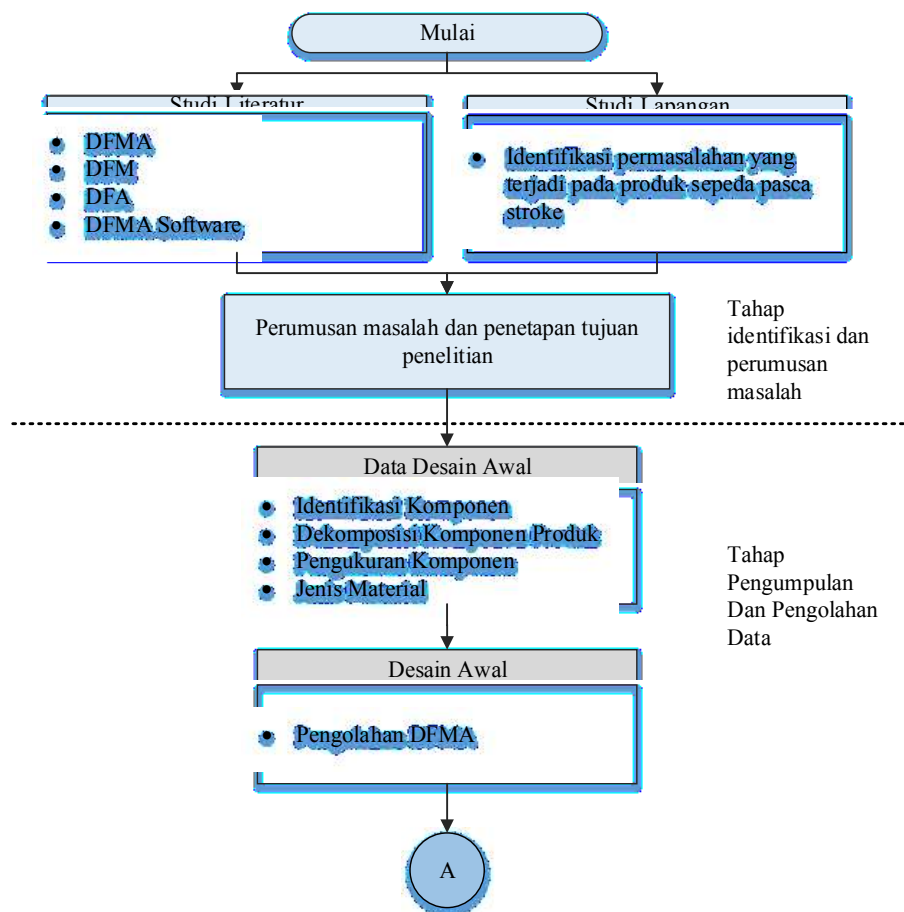
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

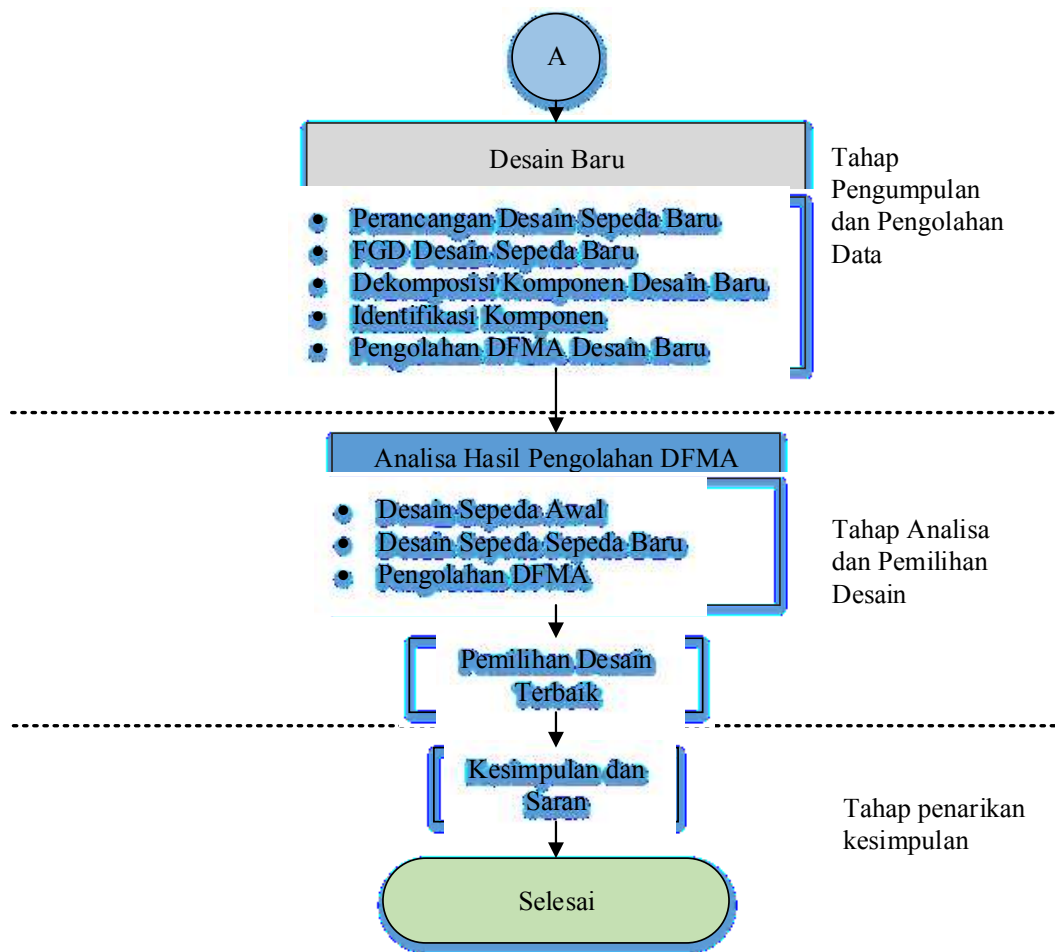
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan. Tujuan dari bab ini yakni untuk memberikan gambaran dari langkah-langkah pengerjaan penelitian ini.

3.1 Flowchart

Berikut ini merupakan langkah-langkah penelitian tugas akhir dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Alur Metodologi Penelitian (lanjutan)

3.2 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah terdiri dari melakukan studi lapangan dan studi literatur. Studi pustaka dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari literatur yang menjadi landasan penelitian seperti DFMA, DFM, DFA dan juga penggunaan DFMA *software*. Pada studi lapangan dilakukan identifikasi masalah terkait sepeda pascastroke, dan kemudian mengolah dan merumuskan masalah yang terjadi serta menentukan tujuan dilakukannya penelitian, serta pembuatan ruang lingkup penelitian sehingga penelitian menjadi lebih fokus dan tepat sasaran.

3.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan oleh penulis dari desain awal produk sepeda pascastroke yang akan dimasukkan pada *software* DFMA. Namun terlebih dahulu dilakukan dekomposisi komponen sepeda dan ditentukan mana yang merupakan *assembly part* atau *subassembly part*. Kemudian diidentifikasi tiap-tiap komponennya, setelah itu Adapun data-data yang dikumpulkan yaitu identifikasi komponen, ukuran dimensi komponen pada produk, jenis material, *product definition*, *securing method*, *minimum part criteria*, *envelope dimension*, *symmetry*, *handling difficulties*, *insertion difficulties*, *labor time*, *manufacturing data* dan lainnya sebagai penunjang pengolahan selanjutnya.

Pengolahan data dari desain awal produk sepeda pascastroke. Data desain awal yang terkumpul kemudian dimasukkan pada *software*. Langkah pengerjaan pada *software* adalah dengan memasukkan data komponen yang sudah dikumpulkan satu persatu dari komponen penyusun produk sesuai runtutan awal hingga akhir perakitan. Pada *software* juga dimasukkan operasi tambahan yang dibutuhkan dalam merakit, seperti *fastening* dan *riverting*. Kemudian diperoleh nilai indeks efisiensi desain awal, waktu perakitan, total biaya, dan berat produk. Berdasarkan hasil pengolahan *software* diperoleh *suggest* mengenai komponen-komponen yang dapat dieliminasi atau digabungkan. Berdasarkan hasil analisa dan DFMA desain sepeda awal beberapa saran *redesign* diberikan, lalu dibuat beberapa alternatif perubahan desain baru.

Rancangan desain baru yang telah dibuat selanjutnya didiskusikan melalui *Focus group discussion (FGD)* dengan ahli mekanik dari Jurusan Teknik Mesin ITS dan juga pihak manufaktur untuk memastikan apakah rancangan yang telah dibuat memenuhi aspek ketepatan material, analisa geometri dan kekuatan beban serta kemampuan untuk dimanufaktur.

Setelah rancangan desain baru hasil FGD diperoleh kemudian didekomposisi kembali komponen penyusun, identifikasi komponen dan data yang diperlukan untuk pengolahan desain baru pada *software*. Selanjutnya diulang

kembali tahapan pengolahan data pada *software* untuk desain baru yang telah dirancang.

3.4 Tahap Analisa dan Pemilihan Desain Terbaik

Setelah pengolahan DFMA pada *software* dilakukan kemudian dilanjutkan analisa dari masing masing desain mulai dari desain awal dan desain baru yang dirancang. Seluruh desain tersebut dianalisa berdasarkan jumlah komponen, waktu perakitan, total biaya, berat total produk yang selanjutnya dilakukan perhitungan DFA *indeks*.

Selanjutnya setelah dianalisa masing-masing desain dilakukan komparasi antara semua desain baik yang desain baru maupun desain awal. Komparasi dilakukan untuk mendapatkan desain yang terbaik yang kemudian dipilih untuk ke tahapan produksi.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan penelitian dan pengolahan juga interpretasi data. Saran juga dilakukan agar dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 4

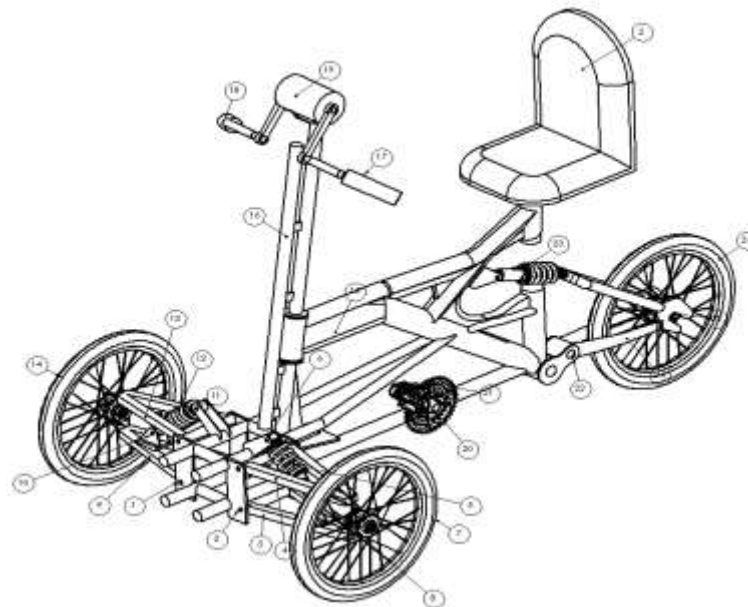
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dipaparkan mengenai pengumpulan data-data yang digunakan dalam penelitian dan pengolahannya.

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai data-data yang meliputi komponen penyusun sepeda pascastroke dan deskripsi proses produksi.

4.1.1 Data Komponen Penyusun



Gambar 4.1 Detail Sepeda Desain Awal (Oktavian, 2016)

Pada Tabel 4.1 ditampilkan komponen-komponen pada sepeda pascastroke desain awal beserta keterangannya.

Tabel 4.1 Daftar Komponen Desain Awal Dibeli atau Dibuat

No	Nama Komponen	<i>Make or Buy</i>	Jumlah	Jenis Material
1	Engsel Kiri Rangka Depan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
2	Engsel Kanan Rangka Depan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>

No	Nama Komponen	<i>Make or Buy</i>	Jumlah	Jenis Material
3	Rangka Samping Kanan Bawah	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
4	Rangka Samping Kanan Atas	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
5	<i>Shockbreaker</i> Kanan	<i>Buy</i>	1	-
6	Engsel Atas <i>Shockbreaker</i> Kanan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
7	Roda Depan Kanan	<i>Buy</i>	1	-
8	Engsel Bawah <i>Shockbreaker</i> Kanan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
9	Rangka Samping Kiri Bawah	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
10	Engsel Bawah <i>Shockbreaker</i> Kiri	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
11	Engsel Atas <i>Shockbreaker</i> Kiri	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
12	<i>Shockbreaker</i> Kiri	<i>Buy</i>	1	-
13	Rangka Samping Kiri Atas	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
14	Roda Depan Kiri	<i>Buy</i>	1	-
15	Rangka Tengah	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
16	Tuas <i>Steering</i>	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
17	Kayuhan Tangan Kanan	<i>Make</i>	1	<i>Stainless steel</i>
18	Kayuhan Tangan Kiri	<i>Make</i>	1	<i>Stainless steel</i>
19	Tabung Pemberat Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
20	Pedal Kaki	<i>Buy</i>	2	-
21	<i>Sprocket</i> Depan	<i>Buy</i>	1	-
22	Engsel Penghubung Rangka Belakang	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
23	<i>Shockbreaker</i> Rangka Tengah	<i>Buy</i>	1	-

No	Nama Komponen	<i>Make or Buy</i>	Jumlah	Jenis Material
24	Rangka Belakang	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
25	Pengunci Roda Belakang	<i>Make</i>	2	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
26	Roda Belakang	<i>Buy</i>	1	-
27	Kursi	<i>Buy</i>	1	-
28	Rem tangan	<i>Buy</i>	2	-
29	Hexagonal Mur Baut	<i>Buy</i>	8	-
Jumlah total			39	

4.1.2 Deskripsi Proses Produksi

Dalam pembuatan produk sepeda pascastroke terdapat beberapa proses produksi yang diperlukan. Berikut proses produksi dalam pembuatan sepeda pascastroke;

❖ *Cutting*

Proses *cutting* merupakan proses pemotongan bahan-bahan baku sesuai ukuran yang diperlukan. Bahan baku yang digunakan sebagian besar merupakan logam dalam bentuk silinder.

❖ *Bending*

Proses *bending* digunakan untuk membuat lekuk bahan baku. Adapun contoh penggunaannya adalah untuk komponen rangka belakang yang melengkung.

❖ *Welding*

Proses *welding* atau pengelasan merupakan proses untuk menggabungkan bahan baku sehingga membentuk suatu komponen. Bahan baku yang hampir seluruhnya dari logam membutuhkan proses ini untuk menyusun komponen.

❖ Perakitan

Proses perakitan merupakan proses penggabungan dan perangkaian seluruh komponen sehingga menjadi sebuah produk sepeda yang utuh.

4.1.3 Runtutan Perakitan

Gambar 4. merupakan runtutan perakitan sepeda pascastroke desain awal yang diperoleh dari diskusi dengan rekan Jurusan Teknik Mesin dan pihak manufaktur;

Tabel 4.2 Runtutan Perakitan Desain Awal

No	Nama Part	Sequence
15	Rangka Tengah	1
16	Tuas Steering	2
19	Tabung Pemberat Kayuhan Tangan	3
17	Kayuhan Tangan Kanan	4
18	Kayuhan Tangan Kiri	5
2	Engsel Kanan Rangka Depan	6
3	Rangka Samping Kanan Bawah	7
8	Engsel Bawah Shockbreaker Kanan	8
4	Rangka Samping Kanan Atas	9
6	Engsel Atas Shockbreaker Kanan	10
5	Shockbreaker Kanan	11
7	Roda Depan Kanan	12
1	Engsel Kiri Rangka Depan	13
9	Rangka Samping Kiri Bawah	14
10	Engsel Bawah Shockbreaker Kiri	15
13	Rangka Samping Kiri Atas	16
11	Engsel Atas Shockbreaker Kiri	17
12	Shockbreaker Kiri	18
14	Roda Depan Kiri	19
21	Sprocket Depan	20
20	Pedal Kaki	21
22	Engsel Penghubung Rangka Belakang	22
23	Shockbreaker Rangka Tengah	23
24	Rangka Belakang	24
25	Pengunci Roda Belakang	25
26	Roda Belakang	26
27	Kursi	27
28	Rem Tangan	28

4.2 Pengolahan Data

Berdasarkan data yang dikumpulkan, kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengetahui kondisi dari desain awal berdasarkan komponen penyusun dan estimasi biayanya. Berikut pengolahan data pada penelitian ini:

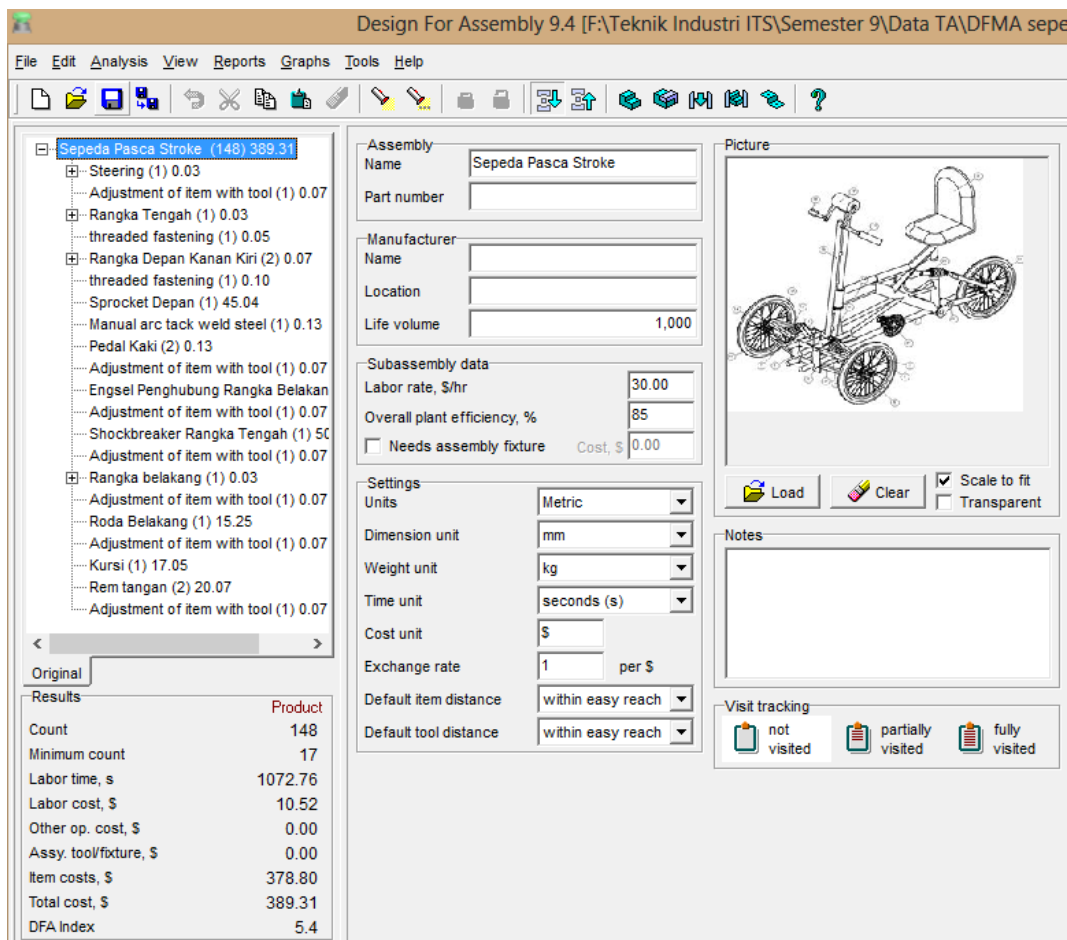
4.2.1 Desain Awal Sepeda Pascastroke

4.2.1.1 Input Data Pada Software

Tahap pertama dalam pengolahan data adalah memasukkan data dari desain awal sepeda pada *software* DFMA. Berikut langkah-langkahnya

a. Add Part dan Add Subassembly

Langkah awal membuat *form part* untuk sepeda dan *form subassembly* untuk komponen penyusun sepeda. Komponen penyusun sepeda terdiri dari *steering*, rangka depan, rangka tengah dan rangka belakang, sehingga penambahan *part subassembly* dilakukan empat kali.



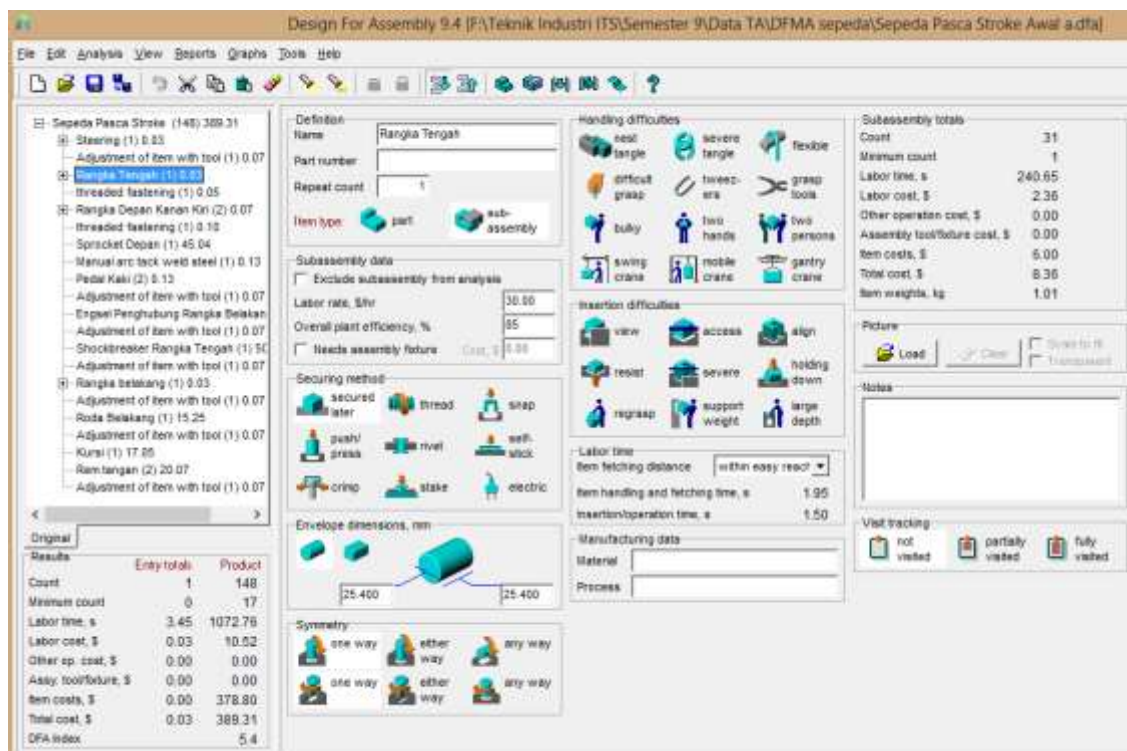
Gambar 4.2 Add Part dan Add Subassembly Desain Awal

b. Memasukkan data komponen penyusun sepeda pascastroke

Data komponen yang dimasukkan yaitu *definition*, *securing method*, *minimum part criteria*, *envelope dimensions*, *alpha and beta symmetry*, *handling and insertion difficulties*, *labor time*, *manufacturing data* dan gambar komponen seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.2.

- ❖ *Definition* berisi data nama, *part number*, jumlah yang diperlukan dan tipe komponen apakah *subassembly* atau suatu komponen
- ❖ *Securing method* berisi data bagaimana komponen ditangani.
- ❖ *Minimum part criteria* yaitu pilihan apakah komponen termasuk kandidat yang dapat digabung atau dieliminasi.
- ❖ *Alpha and beta symmetry* yaitu bagaimana rotasi komponen terhadap garis porosnya.

- ❖ *Handling difficulties* yaitu mengenai kesulitan dalam memegang komponen.
- ❖ *Insertion difficulties* yaitu kesulitan mengenai penyisipan komponen.
- ❖ *Manufacturing data* yaitu data mengenai *piece part cost*, *item cost per item* dan *tooling investment*



Gambar 4.3 Tampilan Input Data Desain Awal Pada DFA Software

c. Add Operation

Penambahan operasi diperlukan setelah semua komponen dimasukkan, seperti operasi *welding* dan *adjustment*.

4.2.1.2 Hasil Pengolahan Desain Awal

Berikut akan dijelaskan mengenai data waktu operasi perakitan yang terdiri dari *handling time*, *insertion time* dan *library operation time*. Waktu operasi perakitan didapatkan dari pengolahan *software*. Hasil pengolahan waktu operasi perakitan ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut;

Tabel 4.3 *Reports Analysis Totals* Desain Awal

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	74	38	410.86	4.03	378.80	23.42
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	14	10	48.30	0.47	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	12	1	78.60	0.77	-	-
Library	48	3	535.00	5.25	-	0.00
Column Totals	148	52	1072.76	10.52	* 378.80	** 23.42

Cost totals based on a product life volume of 1,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	10.52	0.00	378.80	389.31	0.00	0.00	389.31
Production life cost	10,517	0	378,797	389,314	0	0	389,314

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	21
-------------------------------------	----

Assembly efficiency dari desain awal adalah:

$$E_m = \frac{N_m \times t_a \times 100}{T_m}$$

$$E_m = \frac{21 \times 3 \times 100}{1072.76}$$

$$E_m = 5,9$$

Keterangan:

E_{ma} = Assembly edfficiency

N_{min} = Jumlah komponen minimum secara teori

t_a = Jumlah waktu perakitan

t_{ma} = Waktu perakitan ideal untuk datu komponen (3 detik)

4.2.1.3 Identifikasi Komponen yang Dapat Digabung atau Dieliminasi

Setelah semua data komponen telah dimasukkan pada *software*, kemudian dapat diidentifikasi komponen yang dapat digabung atau dieliminasi, berikut detailnya pada tabel 4.4;

Tabel 4.4 Komponen yang Dapat Digabung atau Dieliminasi

Parent Assembly	Name	Part No.	Qty	Potensi Redesign	Keputusan Redesign
Sepeda Pascastroke	Engsel Penghubung Rangka Belakang		1	V	Ya
	Tuas Steering	P016.b	1	V	Ya
	Segitiga dasar	P016.d	1		
	Siku Segitiga	P016.e	1		
Kayuhan Tangan	Sambungan Vertical	P017G	2		
Rangka Tengah	Rangka Tengah Bawah Kursi	Part1501	1	V	Ya
	Rangka Tengah Trapesium Bawah Kursi	Part1512	1	V	Ya
	Rangka Tengah Atasnya Gepeng	Part1505	1	V	Ya
	Rangka Tengah Gepeng Depan	Part1511	1	V	Ya
	Rangka Tengah Atas Gear	Part1503		V	Ya
	Rangka Tabung Bawah Kursi	Part1506	1	V	Ya
	Rangka Tabung Stang	Part1507	1	V	Ya
	Rangka Tabung Stang Bawah	Part1508	1	V	Ya
	Rangka Tabung Depan	Part1509	1	V	Ya
	Rangka Tabung Depan Tengah	Part1510	1	V	Ya
	Rangka Tengah Trapesium Gear Belakang	Part1513	1	V	Ya
	Rangka Tengah Persegi Bawah Stang	Part1514	1	V	Ya

Parent Assembly	Name	Part No.	Qty	Potensi Redesign	Keputusan Redesign
	Rangka Tengah Bawah Gear	Part1502	1	V	Ya
Rangka Depan Kanan Kiri	Engsel Kanan Kiri Rangka Depan		2	V	Ya
Rangka Depan Samping Kanan Bawah	Rangka samping I		4	V	Ya
	Rangka samping II		1	V	Ya
Rangka Depan Samping Kanan Atas	Rangka samping I		4	V	Ya
	Rangka samping II		1	V	Ya
Kanan	Pengunci Roda		1		
	Rangka Belakang Atas		1		Ya
Kiri	Pengunci Roda		1		
	Rangka Belakang Atas		1		Ya

4.2.1.4 Rancangan Perbaikan

Pada Tabel 4.4 menunjukkan komponen-komponen yang dapat digabung atau dieliminasi. Kemudian dirancang perbaikan untuk desain baru yang akan dibuat. Kolom potensi *redesign* pada Tabel 4.4 menunjukkan komponen-komponen yang di-*redesign* oleh peneliti. Rancangan desain baru tersebut kemudian didiskusikan dengan FGD bersama rekan Jurusan Teknik Mesin dan pihak manufaktur. Kolom keputusan *redesign* pada Tabel 4.4 menunjukkan komponen yang di-*redesign* dari hasil FGD. Selain dari komponen yang ada pada Tabel 4.4, terdapat juga komponen-komponen lain yang dieliminasi karena kurang memberi nilai tambah. Salah satu yang dieliminasi adalah komponen *shockbreaker* karena selain dinilai kurang memiliki nilai tambah, *shockbreaker* membuat kerangka menjadi kompleks sehingga dibutuhkan bahan material yang lebih banyak.

Hasil dari FGD juga menghasilkan perubahan jenis material dasar yang akan digunakan pada desain baru yang dirancang. Material yang semula menggunakan ASTM A27 dirubah menjadi AL 5050. Hal ini bertujuan agar berat

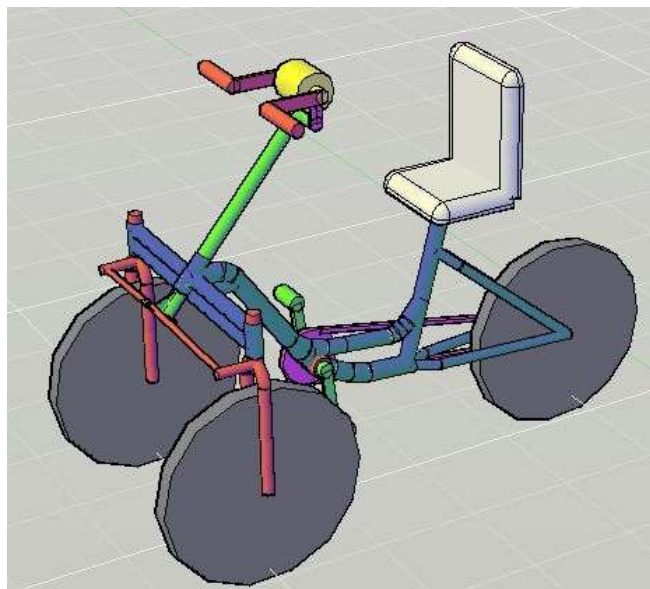
total produk diharapkan bisa lebih ringan dengan resiko biaya yang bisa lebih mahal, dan juga jenis material AL 5050 memiliki kekuatan struktur yang lebih baik dari ASTM A27

Konsep rancangan baru dari hasil FGD juga menghasilkan dua desain baru yang, yaitu desain yang pertama dengan konsep 2 roda di depan dan 1 roda di belakang. Untuk desain yang kedua dengan konsep 2 roda di belakang dan 1 roda di depan. Hal ini dikarenakan adanya keluhan dari pasien kesulitan membelokkan kemudi pada saat mengendarai sepeda desain awal karena 2 roda di depan.

Sehingga hasil akhir dari FGD yang telah dilakukan terdapat 2 rancangan desain baru yang akan dianalisa dengan DFMA dan akan dibandingkan dengan hasil analisa desain awal. Desain baru 1 sepeda yaitu desain dengan konsep 2 roda di depan dan untuk desain baru 2 yaitu rancangan dengan desain 2 roda di belakang.

4.2.2 Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke

4.2.2.1 Daftar Detail Komponen Desain Baru 1



Gambar 4.4 Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke

Tahapan pengolahan desain baru 1 pada *software* DFMA, mirip dengan tahap pengolahan pada desain awal sebelumnya. Dimulai dari *input* data pada *software* DFMA dan kemudian dihasilkan *report* dari pengolahan data.

Berikut daftar komponen desain baru 1 sepeda pascastroke, ditampilkan pada Tabel 4.5 ;

Tabel 4.5 Daftar Komponen Desain Baru 1

No	Nama Komponen	<i>Make or Buy</i>	Jumlah	Jenis Material
1	Rangka Utama	<i>Make</i>	1	AL 5050
2	Rangka Depan	<i>Make</i>	1	AL 5050
3	Garpu Roda Depan	<i>Buy</i>	2	-
4	Tiang <i>Steering</i>	<i>Make</i>	1	AL 5050
5	Pemberat Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
6	Pangkuan Pemberat Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	1	AL 5050
7	Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	2	AL 5050
8	<i>Sprocket</i>	<i>Buy</i>	1	-
9	Roda Depan	<i>Buy</i>	1	-
10	Roda Belakang	<i>Buy</i>	1	-
11	Kursi	<i>Buy</i>	1	-
12	Rem Tangan	<i>Buy</i>	2	-
13	Kursi	<i>Buy</i>	1	-
14	Hexagonal Mur Baut	<i>Buy</i>	4	-
Jumlah			20	

4.2.2.2 *Reports Analysis Totals Desain Baru 1*

Pada Tabel 4.6 berikut ditunjukkan hasil *analysis totals* operasi perakitan pada desain baru 1;

Tabel 4.6 *Reports Analysis Totals* Desain Baru 1

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	46	27	223.60	2.19	163.35	9.08
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	4	3	16.80	0.16	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	0	0	0.00	0.00	-	-
Library	23	3	238.70	2.34	-	0.00
Column Totals	73	33	479.10	4.70	* 163.35	** 9.08

Cost totals based on a product life volume of 10,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	4.70	0.00	163.35	168.05	0.00	0.00	168.05
Production life cost	46,970	0	1,633,486	1,680,456	0	0	1,680,456

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	19
-------------------------------------	----

Assembly efficiency dari desain baru 1 adalah:

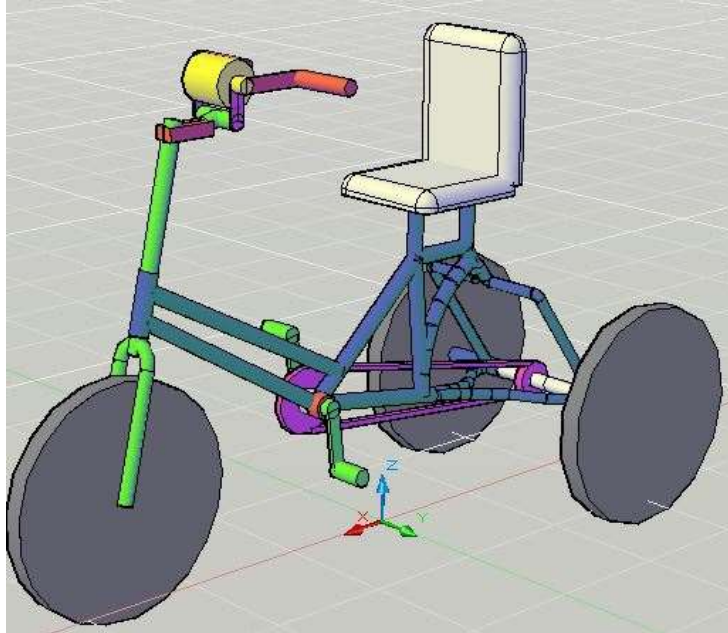
$$E_m = \frac{N_m \times t_a \times 100}{T_m}$$

$$E_m = \frac{19 \times 3 \times 100}{479.10}$$

$$E_m = 11,9$$

4.2.3 Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke

4.2.3.1 Daftar Detail Komponen Desain Baru 2



Gambar 4.5 Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke

Tahapan pengolahan desain baru 2 pada *software* DFMA, mirip dengan tahap pengolahan pada desain awal sebelumnya. Dimulai dari *input* data pada *software* DFMA dan kemudian dihasilkan *report* dari pengolahan data.

Berikut daftar komponen desain baru 2 sepeda pascastroke, ditampilkan pada Tabel 4.7;

Tabel 4.7 Daftar Komponen Desain Baru 2

No	Nama Komponen	<i>Make or Buy</i>	Jumlah	Jenis Material
1	Rangka Utama	<i>Make</i>	1	AL 5050
2	Tiang <i>Steering</i>	<i>Make</i>	1	AL 5050
3	Garpu Roda Depan	<i>Buy</i>	1	-
4	As Roda Belakang	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
5	Pangkuan Pemberat Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	1	AL 5050
6	Pemberat Kayuhan	<i>Make</i>	1	ASTM A27-81 <i>alloy steel</i>
7	Kayuhan Tangan	<i>Make</i>	2	AL 5050
8	<i>Sprocket</i>	<i>Buy</i>	1	-
9	Roda Depan	<i>Buy</i>	1	-

No	Nama Komponen	Make or Buy	Jumlah	Jenis Material
10	Roda Belakang	Buy	2	-
11	Kursi	Buy	1	-
12	Rem Tangan	Buy	2	-
13	Hexagonal Mur Baut	Buy	4	-
Jumlah			19	

4.2.3.2 Reports Analysis Totals Desain Baru 2

Pada Tabel 4.8 berikut ditunjukkan hasil pengolahan waktu operasi perakitan pada desain baru 2;

Tabel 4.8 Reports Analysis Totals Desain Baru 2

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	40	27	190.35	1.87	160.39	8.87
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	3	3	10.35	0.10	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	0	0	0.00	0.00	-	-
Library	28	3	260.50	2.55	-	0.00
Column Totals	71	33	461.20	4.52	* 160.39	** 8.87

Cost totals based on a product life volume of 10,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	4.52	0.00	160.39	164.91	0.00	0.00	164.91
Production life cost	45,215	0	1,603,903	1,649,119	0	0	1,649,119

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	18
-------------------------------------	----

Assembly efficiency dari desain baru 1 adalah:

$$E_m = \frac{N_m \times t_a \times 100}{T_m}$$

$$E_m = \frac{18 \times 3 \times 100}{461.20}$$

$$E_m = 11,7$$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISA DAN PEMILIHAN DESAIN

Pada bab ini berisi pengolahan data yang sudah dikumpulkan dan analisa data serta analisa hasil pengolahan data.

5.1 Analisa

Pada subbab ini dijelaskan analisa data yang telah didapat dan dari pengolahan yang telah dilakukan.

5.1.1 Analisa Desain Awal Sepeda Pascastroke

Berdasarkan hasil pengolahan *software* DFMA, desain awal sepeda memiliki total komponen sebanyak 148 komponen dan jumlah komponen secara teori sebanyak 21 buah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat 127 komponen yang dapat digabung dengan komponen lain atau dieliminasi. Perbandingan jumlah komponen teoritis dengan jumlah total komponen yang bernilai 1:6 menunjukkan bahwa rata-rata setiap komponen dasar terdiri dari 6 komponen penyusun. Semakin banyak komponen penyusun akan memberi dampak pada lamanya waktu perakitan dan dapat memperngaruhi biaya tenaga kerja yang dihabiskan.

Dari hasil pengolahan *software* DFMA juga diperoleh total biaya yang diperlukan untuk membuat sepeda sebesar \$389.31. Biaya ini terdiri dari biaya tenaga kerja sebesar \$10.51 dan biaya manufaktur sebesar \$378.8.

Total waktu perakitan yang diperlukan untuk sepeda desain awal yaitu 1072.76 detik. Total waktu tersebut terdiri dari waktu operasi sebesar 613.6 detik, perakitan komponen *subassembly* 48.3 detik dan perakitan komponen 410.86 detik. Waktu operasi yang diperlukan pada desain awal sepeda melebihi setengah dari waktu total perakitan. Hal ini menunjukkan banyaknya operasi-operasi yang dilakukan pada perakitan desain awal sepeda dan operasi-operasi ini berpotensi untuk dapat dikurangi pada *redesign* selanjutnya.

Berat total dari hasil pengolahan menunjukkan sebesar 23.42 kg. Berat ini melebihi rata-rata berat standar sepeda pada umumnya yang hanya berkisar 10-13 kg.

Berdasarkan perhitungan rumus indeks efisiensi perakitan, indeks dari desain awal sepeda sebesar 5.9. Nilai ini menunjukkan bahwa kemudahan perakitan masih rendah karena standar produk dikategorikan baik adalah pada skala lebih dari 9.

5.1.2 Analisa Desain Baru 1 Sepeda Pascastroke

Dari hasil pengolahan *software* DFMA, desain baru 1 memiliki total komponen sebanyak 73 komponen dan jumlah komponen teoritis sebanyak 19 komponen. Perbandingan jumlah komponen teoritis dengan jumlah total komponen yang bernilai 1:3 menunjukkan bahwa rata-rata setiap komponen dasar terdiri dari 3 komponen penyusun.

Dari hasil pengolahan *software* DFMA diperoleh total biaya desain baru 1 yang diperlukan untuk membuat sepeda sebesar \$168.05. Biaya ini terdiri dari biaya tenaga kerja sebesar \$4.70 dan biaya manufaktur sebesar \$163.35.

Total waktu perakitan yang diperlukan untuk sepeda desain baru 1 yaitu 479.1 detik. Total waktu tersebut terdiri dari waktu operasi sebesar 238.7 detik, perakitan komponen *subassembly* 16.8 detik dan perakitan komponen 223.6 detik.

Hasil dari pengolahan *software* DFMA desain baru 1 memiliki berat total 9.08 kg. Berat ini sudah mencapai standar berat sepeda pada umumnya.

Nilai indeks kemudahan perakitan pada desain baru 1 sebesar 11.9. Hasil ini diperoleh dari perhitungan rumus indeks efisiensi perakitan. Nilai 11.9 sudah menunjukkan bahwa indeks desain baru 1 sudah baik karena sudah berada di atas 9.

5.1.3 Analisa Desain Baru 2 Sepeda Pascastroke

Dari hasil pengolahan *software* DFMA, desain baru 2 memiliki total komponen sebanyak 71 komponen dan jumlah komponen teoritis sebanyak 18 komponen. Perbandingan jumlah komponen teoritis dengan jumlah total

komponen yang bernilai 1:4 menunjukkan bahwa rata-rata setiap komponen dasar terdiri dari 4 komponen penyusun.

Dari hasil pengolahan *software* DFMA diperoleh total biaya desain baru 2 yang diperlukan untuk membuat sepeda sebesar \$164.91. Biaya ini terdiri dari biaya tenaga kerja sebesar \$4.52 dan biaya manufaktur sebesar \$160.39.

Total waktu perakitan yang diperlukan untuk sepeda desain baru 2 yaitu 461.2 detik. Total waktu tersebut terdiri dari waktu operasi sebesar 260.5 detik, perakitan komponen *subassembly* 10.35 detik dan perakitan komponen 190.35 detik.

Hasil dari pengolahan *software* DFMA desain baru 1 memiliki berat total 8.87 kg. Berat ini sudah mencapai standar berat sepeda pada umumnya.

Nilai indeks kemudahan perakitan pada desain baru 1 sebesar 11.7. hasil ini diperoleh dari perhitungan rumus indeks efisiensi perakitan. Nilai 11.7 sudah menunjukkan bahwa indeks desain baru 1 sudah baik karena sudah berada diatas 9.

5.1.4 Analisa Perbandingan Desain Awal dengan Desain Baru Sepeda Pascastroke

Untuk mendapatkan rancangan desain terbaik dilakukan perbandingan dari hasil masing-masing desain. Parameter perbandingnya adalah jumlah komponen, waktu perakitan, total biaya, berat total produk dan *assembly efficiency* indeks. Tabel 5.1 berikut menunjukkan hasil dari masing-masing desain;

Tabel 5.1 Tabel Perbandingan Hasil *Software* DFMA Desain Awal dengan Desain Baru

Parameter	Desain Awal	Desain Baru 1	Desain Baru 2
Jumlah Komponen	148 buah	73 buah	71 buah
Waktu Perakitan	1072.76 s	479.1 s	461.2 s
Total Biaya	\$389.31	\$168.05	\$164.91
Berat Total	23.42 kg	9.08 kg	8.87 kg
DFA Indeks	5.9	11.9	11.7

Pada desain awal sepeda, terdapat 148 komponen penyusun, pada desain baru 1 terdiri dari 73 komponen penyusun dan pada desain baru 2 terdiri dari 71 komponen penyusun. Pada suatu produk, jumlah komponen yang banyak cenderung membuat proses perakitan produk tersebut semakin sulit dan lama. Hal ini juga berlaku pada produk sepeda pascastroke ini. Pada desain awal, jumlah komponen sangat besar mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan kedua desain baru. Hal ini dikarenakan, kedua desain baru yang dibuat memang rancangan hasil evaluasi desain awal. Jumlah komponen desain baru 1 lebih banyak daripada jumlah komponen desain baru 2 dikarenakan desain baru 1 masih menggunakan konsep 2 roda di depan sehingga diperlukan rangka tambahan yang menghubungkan rangka utama dengan rangka roda depan, sedangkan pada desain baru 2 rangka utama tidak perlu ditambah rangka penghubung di bagian depan.

Waktu perakitan pada desain awal sepeda sebesar 1072.76 detik, pada desain baru 1 sebesar 479.1 detik dan pada desain baru 2 sebesar 461.2 detik. Waktu perakitan pada desain baru 2 merupakan waktu yang paling cepat diantara ketiga desain tersebut. Hal ini dikarenakan jumlah komponen yang dimiliki desain baru 2 memiliki jumlah komponen yang paling rendah. Jumlah komponen berbanding lurus terhadap lamanya waktu perakitan.

Total biaya pada desain awal sebesar \$389.31, sedangkan pada desain baru 1 sebesar \$168.05 dan pada desain baru 2 sebesar \$164.91. Total biaya diperoleh dari penjumlahan biaya komponen dan biaya tenaga kerja. Apabila jumlah komponen sedikit dan waktu perakitannya cepat akan membuat biaya total menjadi rendah. Hal ini juga ditunjukkan pada perbandingan desain awal dengan desain baru 1 dan desain baru 2. Desain baru 2 memiliki total biaya yang paling rendah diantara ketiganya.

Proses *redesign* dari desain awal terbukti juga dapat mengurangi berat total produk. Dari yang semula 23.42 kg menjadi 9.08 kg pada desain baru 1 dan 8.87 kg pada desain baru 2. Desain baru 2 memiliki berat yang paling ringan dibanding ketiganya salah satunya adalah karena bentuk rangkanya yang tidak memerlukan banyak komponen utamanya pada bagian depannya.

Assembly efficiency indeks atau DFA indeks pada desain awal sebesar 5.9, pada desain baru 1 sebesar 11.9 dan pada desain baru 2 sebesar 11.7. Pada parameter DFA indeks desain baru 2 bukan menjadi pilihan terbaik karena nilai indeks tertinggi yaitu pada desain baru 1. Perbandingan antara komponen teoritis dengan waktu perakitan desain baru 1 lebih besar bila dibanding dengan desain baru 2.

5.2 Pemilihan Desain Terbaik

Pemilihan desain terbaik didasarkan pada perbandingan parameter masing-masing desain. Pada Tabel 5.2 ditunjukkan peringkat terbaik untuk masing-masing desain;

Tabel 5.2Tabel Peringkat Terbaik Dari Tiap Parameter

Parameter	Desain Awal	Desain Baru 1	Desain Baru 2
Jumlah Komponen	3	2	1
Waktu Perakitan	3	2	1
Total Biaya	3	2	1
Berat Total	3	2	1
DFA Indeks	3	1	2

Desain baru 2 lebih unggul 4 parameter daripada desain baru 1. Desain baru 1 hanya unggul pada parameter DFA indeks. Walaupun demikian tidak dapat langsung disimpulkan bahwa desain baru 2 adalah yang terbaik. DFA indeks merupakan ukuran untuk menilai kemudahan suatu produk untuk dirakit. Jadi, desain baru 1 memiliki kemudahan lebih dalam perakitannya dibanding dengan desain baru 2. Namun, selisih nilai indeknya juga tidak berbeda jauh. Desain baru 2 juga memiliki keunggulan lain diluar 5 parameter tersebut, yaitu kemudahan mengatur kendali kemudi sepeda. Sehingga desain terpilih yang terbaik adalah desain baru 2.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari laporan penelitian yang dilakukan

6.1 Kesimpulan

Pada subbab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian ini:

1. Berdasarkan dari analisa DFA desain awal sepeda didapatkan evaluasi nilai indeks efisiensi perakitan dengan nilai 5,9 (kurang baik), total biaya perakitan \$389.31, berat total produk 23,42 kg, waktu perakitan 1072,76 detik dan jumlah komponen sebanyak 148 komponen.
2. Dari hasil evaluasi desain awal sepeda didapatkan desain baru sepeda pascastroke. Terdapat dua desain baru yang dirancang dengan eliminasi dan penggabungan komponen, desain baru 1 dengan konsep 2 roda di bagian depan dan desain baru 2 dengan konsep 2 roda di bagian belakang.
3. Desain baru yang dirancang seluruhnya dianalisa dengan menggunakan DFMA dan diperoleh hasil desain baru 1 memiliki nilai indeks efisiensi perakitan 11,9, dengan jumlah komponen sebanyak 73 komponen, waktu perakitan 479,1 detik, total biaya sebesar \$168,05 dan berat total 9,08. Hasil desain baru 2 memiliki nilai indeks efisiensi perakitan 11,7, dengan jumlah komponen sebanyak 71 komponen, waktu perakitan 461,2 detik, total biaya sebesar \$164,91 dan berat total 8,87.
4. Dari dua desain baru yang dirancang, setelah dibandingkan berdasar parameter-parameter hasil pengolahan dipilih desain baru 2 yang terbaik.

6.2 Saran

Pada subbab ini dijelaskan mengenai saran untuk penelitian ke depannya;

1. Perancangan desain baru dari desain awal sepeda pascastroke tidak terbatas seperti desain baru yang dirancang pada penelitian ini. Desain

baru yang lebih beragam sangat dimungkinkan untuk mendapatkan nilai yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- Alodokter. (2016). *Pengertian Stroke*. Retrieved October 10, 2016, from Alodokter: <http://www.alodokter.com/stroke>
- Backhouse, C., & Brookes, N. (1996). *Concurrent Engineering*. Hampshire, England: Gower Publishing Ltd.
- Batan, I. M. (2012). *Desain Produk* (1st ed.). Surabaya, Indonesia: Penerbit Guna Widya.
- Boothroyd and Dewhurst, Inc. (2016). *DFM Concurrent Costing*. Retrieved November 5, 2016, from DFMA: <http://www.dfma.com/software/dfma.htm?DFM>
- Boothroyd Dewhurst, Inc. (2016). *DFA Product Simplification*. Retrieved October 18, 2016, from DFMA: <http://www.dfma.com/software/dfma.htm?DFA>
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly, USA, Marcel Dekker, Inc.*
- Chan, V., & Salustri, F. (2005, December 27). *Evaluation Methods for DFA*. Retrieved November 5, 2016, from Design for Assembly: <http://deed.ryerson.ca/~fil/t/dfmdfa.html>
- Huang, G. (1996). *Design for X Concurrent Engineering Imperatives* (First ed.). Dundee, UK: Chapman & Hall.
- Jayaraman, J. (2015). *INTRODUCTION TO DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY (DFMA) J.JAYARAMAN CENTRE FOR AEROSPACE SYSTEMS DESIGN ENGINEERING INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY*. Retrieved November 10, 2016, from Slide Player: <http://slideplayer.com/slide/6101828/>
- Nawawi, A. (2014, September). *DESIGN FOR MANUFACTURE AND ASSEMBLY (DFMA): INTRODUCTION TO BOOTHROYD DEWHURST SOFTWARE*. Retrieved November 5, 2016, from Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/265687114_DESIGN_FOR_MANUFACTURE_AND_ASSEMBLY_DFMA_INTRODUCTION_TO_BOOTHROYD_DEWHURST_SOFTWARE

- Oktavian, S. (2016, July). PENGEMBANGAN RANCANG BANGUN SEPEDA PASCASTROKE. Surabaya, Indonesia.
- Pough, S. (1991). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Harlow: Pearson Education.
- Winner, R. I., Pennel, J. P., Bertrand, H. E., & Slusarczuk, M. M. (1988). The Role. Of Concurrent Engineering In Weapons System Acquisition. DTIC. Document.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Report Analysis Totals Desain Awal Sepeda



Design for Assembly: Analysis Totals

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:31 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	74	38	410.86	4.03	378.80	23.42
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	14	10	48.30	0.47	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	12	1	78.60	0.77	-	-
Library	48	3	535.00	5.25	-	0.00
Column Totals	148	52	1072.76	10.52	* 378.80	** 23.42

Cost totals based on a product life volume of 1,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	10.52	0.00	378.80	389.31	0.00	0.00	389.31
Production life cost	10,517	0	378,797	389,314	0	0	389,314

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	21
DFA Index	6.7

Production data

Overall plant efficiency, %	85.00
Labor rate, \$/hr	30.00

Lampiran 2 *Structure Chart* Desain Awal Sepeda (1)

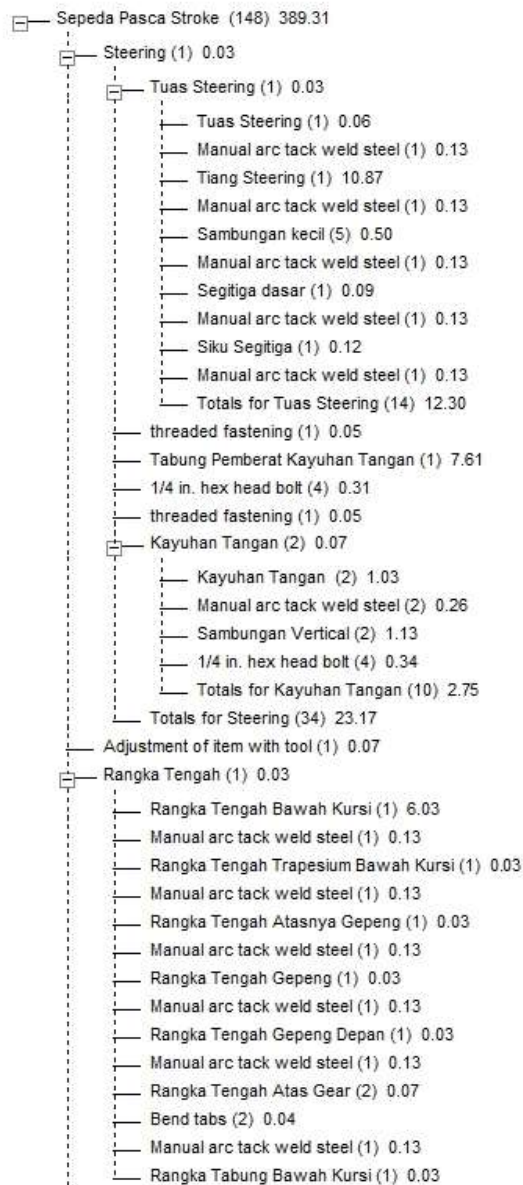


Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 11:18 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original



Lampiran 3 *Structure Chart* Desain Awal Sepeda (2)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 11:18 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tabung Stang (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tabung Stang Bawah (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tabung Depan (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tabung Depan Tengah (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tengah Trapezium Gear Belakang (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tengah Persegi Bawah Stang (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Rangka Tengah Bawah Gear (1)	0.03
Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Totals for Rangka Tengah (31)	8.36
threaded fastening (1)	0.05
Rangka Depan Kanan Kiri (2)	0.07
Engsel Kanan Kiri Rangka Depan (2)	1.04
1/4 in. hex head bolt (4)	0.34
threaded fastening (2)	0.10
Rangka Depan Samping Kanan Bawah (2)	0.07
Rangka samping I (4)	11.85
Manual arc tack weld steel (2)	0.26
Rangka samping II (2)	3.00
Manual arc tack weld steel (2)	0.26
Totals for Rangka Depan Samping Kanan Bawah (10)	15.37
threaded fastening (2)	0.10
Rangka Depan Samping Kanan Atas (2)	0.07
Rangka samping I (4)	11.85
Manual arc tack weld steel (2)	0.26
Rangka samping II (2)	3.00
Manual arc tack weld steel (2)	0.26
Totals for Rangka Depan Samping Kanan Atas (10)	15.37
threaded fastening (2)	0.10
Shockbreaker Kanan Kiri (2)	100.14
threaded fastening (2)	0.21
Roda Depan (2)	30.48
Totals for Rangka Depan Kanan Kiri (42)	163.39
threaded fastening (1)	0.10
Sprocket Depan (1)	45.04

Lampiran 4 *Structure Chart* Desain Awal Sepeda (3)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 11:18 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Manual arc tack weld steel (1)	0.13
Pedal Kaki (2)	0.13
Adjustment of item with tool (1)	0.07
Engsel Penghubung Rangka Belakang (1)	0.03
Adjustment of item with tool (1)	0.07
Shockbreaker Rangka Tengah (1)	50.06
Adjustment of item with tool (1)	0.07
Rangka belakang (1)	0.03
Adjustment of item with tool (1)	0.07
Roda Belakang (1)	15.25
Adjustment of item with tool (1)	0.07
Kursi (1)	17.05
Rem tangan (2)	20.07
Adjustment of item with tool (1)	0.07

Lampiran 5 Suggest for Redesign Desain Awal Sepeda (1)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Incorporate integral fastening elements into functional parts, or change the securing methods, in order to eliminate as many as possible of the following separate fastening elements.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Steering	1/4 in. hex head bolt		4	31.70	2.95
Kayuhan Tangan	1/4 in. hex head bolt		4	34.60	3.23
Rangka Depan Kanan Kiri	1/4 in. hex head bolt		4	34.60	3.23
Totals				100.90	9.41

Combine connected items or attempt to rearrange the structure of the product in order to eliminate the following items whose function is solely to make connections.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Tuas Steering	Sambungan kecil		5	22.50	2.10
Totals				22.50	2.10

Reduce the number of items in the assembly by combining with others or eliminating the following parts or subassemblies. Note that combining an item with another may eliminate further items such as fasteners or operations, resulting in much larger time reductions than those indicated.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	Engsel Penghubung Rangka Belakang		1	3.45	0.32
Tuas Steering	Tuas Steering	P016.b	1	4.01	0.37
	Segitiga dasar	P016.d	1	5.51	0.51
	Siku Segitiga	P016.e	1	5.51	0.51
Kayuhan Tangan	Sambungan Vertical	P017G	2	6.90	0.64
Rangka Tengah	Rangka Tengah Bawah Kursi	Part1501	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Trapesium Bawah Kursi	Part1512	1	3.45	0.32

Lampiran 6 *Suggest for Redesign* Desain Awal Sepeda (2)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

	Rangka Tengah Atasnya Gepeng	Part1505	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Gepeng Depan	Part1511	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Atas Gear	Part1503	2	6.90	0.64
	Rangka Tabung Bawah Kursi	Part1506	1	3.45	0.32
	Rangka Tabung Stang	Part1507	1	3.45	0.32
	Rangka Tabung Stang Bawah	Part1508	1	3.45	0.32
	Rangka Tabung Depan	Part1509	1	3.45	0.32
	Rangka Tabung Depan Tengah	Part1510	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Trapezium Gear Belakang	Part1513	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Persegi Bawah Stang	Part1514	1	3.45	0.32
	Rangka Tengah Bawah Gear	Part1502	1	3.45	0.32
Rangka Depan Kanan Kiri	Engsel Kanan Kiri Rangka Depan		2	6.90	0.64
Rangka Depan Samping Kanan Bawah	Rangka samping I		4	13.80	1.29
	Rangka samping II		1	3.45	0.32
Rangka Depan Samping Kanan Atas	Rangka samping I		4	13.80	1.29
	Rangka samping II		1	3.45	0.32
Kanan	Pengunci Roda		1	4.01	0.37
	Rangka Belakang Atas		1	3.45	0.32
Kiri	Pengunci Roda		1	4.01	0.37
	Rangka Belakang Atas		1	3.45	0.32
Totals				130.00	12.12

Lampiran 7 Suggest for Redesign Desain Awal Sepeda (3)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a dfa
Product: Original

Reduce separate operation times where possible. Try to improve or eliminate any which do not add value to the product and yet contribute significantly to assembly time.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	threaded fastening		1	5.20	0.48
	threaded fastening		1	10.60	0.99
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
	Adjustment of item with tool		1	7.50	0.70
Steering	threaded fastening		1	5.20	0.48
	threaded fastening		1	5.20	0.48
Tuas Steering	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
Kayuhan Tangan	Manual arc tack weld steel		2	26.40	2.46
Rangka Tengah	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23

Lampiran 8 *Suggest for Redesign* Desain Awal Sepeda (4)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Bend tabs		2	4.10	0.38
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
Rangka Depan Kanan Kiri	threaded fastening		2	10.40	0.97
	threaded fastening		2	10.40	0.97
	threaded fastening		2	10.40	0.97
	threaded fastening		2	21.20	1.98
Rangka Depan Samping Kanan Bawah	Manual arc tack weld steel		2	26.40	2.46
	Manual arc tack weld steel		2	26.40	2.46
Rangka Depan Samping Kanan Atas	Manual arc tack weld steel		2	26.40	2.46
	Manual arc tack weld steel		2	26.40	2.46

Lampiran 9 Suggest for Redesign Desain Awal Sepeda (5)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Rangka belakang	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
Kanan	Bend tabs		1	4.10	0.38
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Bend tabs		1	4.10	0.38
Kiri	Bend tabs		1	4.10	0.38
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Manual arc tack weld steel		1	13.20	1.23
	Bend tabs		1	4.10	0.38
Totals				613.60	57.20

Add assembly features such as chamfers, lips, leads, etc., to make the following items self-aligning.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	Sprocket Depan		1	1.50	0.14
	Pedal Kaki		2	3.00	0.28
	Shockbreaker Rangka Tengah		1	1.50	0.14
	Roda Belakang		1	1.70	0.16
	Kursi		1	1.50	0.14
Steering	1/4 in. hex head bolt		4	6.80	0.63
Tuas Steering	Segitiga dasar	P016.d	1	1.50	0.14
	Siku Segitiga	P016.e	1	1.50	0.14
Kayuhan Tangan	Kayuhan Tangan	P017.abcde	2	3.00	0.28

Lampiran 10 *Suggest for Redesign* Desain Awal Sepeda (6)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

	1/4 in. hex head bolt		4	6.80	0.63
Rangka Depan Kanan Kiri	1/4 in. hex head bolt		4	6.80	0.63
	Shockbreaker Kanan Kiri		2	3.00	0.28
	Roda Depan		2	3.40	0.32
Totals				42.00	3.92

Redesign the assembly where possible to allow adequate access and unrestricted vision for placement or insertion of the following items.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	threaded fastening		1	5.40	0.50
Rangka Depan Kanan Kiri	threaded fastening		2	10.80	1.01
Totals				16.20	1.51

The individual assembly items listed below nest or tangle and/or are difficult to grasp. Consider redesign of the items to eliminate or reduce their handling difficulties.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Rangka Depan Kanan Kiri	Shockbreaker Kanan Kiri		2	1.56	0.15
Totals				1.56	0.15

Consider redesign of the individual assembly items listed below to eliminate or reduce handling difficulties causing the items to be bulky, awkward or difficult to grasp or control or require two hands or two people to control, carry, and manipulate.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	Roda Belakang		1	0.50	0.05
Totals				0.50	0.05

Lampiran 11 *Suggest for Redesign* Desain Awal Sepeda (7)



Design for Assembly: Suggestions for Redesign

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:32 PM
Sepeda Pasca Stroke

Sepeda Pasca Stroke Awal a.dfa
Product: Original

Consider redesign of the individual assembly items listed below to eliminate resistance to insertion or severe insertion difficulties.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity	Time savings, s	Percentage reduction
Sepeda Pasca Stroke	Pedal Kaki		2	3.00	0.28
	Shockbreaker Rangka Tengah		1	1.50	0.14
Rangka Depan Kanan Kiri	Shockbreaker Kanan Kiri		2	3.00	0.28
Totals				7.50	0.70

Review the following items and operations that may cause ergonomic difficulties for the assembly worker.

Parent assembly	Name	Part number	Quantity
Sepeda Pasca Stroke	threaded fastening		1
	Pedal Kaki		2
	Shockbreaker Rangka Tengah		1
	Roda Belakang		1
Rangka Depan Kanan Kiri	Shockbreaker Kanan Kiri		2
	threaded fastening		2

Lampiran 12 Report Analysis Totals Desain Baru 1 Sepeda



Design for Assembly: Analysis Totals

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:41 PM
Sepeda Redesign 1

Sepeda Pasca Stroke Redesign 1.dfa
Product: Original

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	46	27	223.60	2.19	163.35	9.08
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	4	3	16.80	0.16	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	0	0	0.00	0.00	-	-
Library	23	3	238.70	2.34	-	0.00
Column Totals	73	33	479.10	4.70	* 163.35	** 9.08

Cost totals based on a product life volume of 10,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	4.70	0.00	163.35	168.05	0.00	0.00	168.05
Production life cost	46,970	0	1,633,486	1,680,456	0	0	1,680,456

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	19
DFA Index	13.3

Production data

Overall plant efficiency, %	85.00
Labor rate, \$/hr	30.00

Lampiran 13 *Structure Chart* Desain Baru 1 Sepeda (1)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:41 PM
Sepeda Redesign 1

Sepeda Pasca Stroke Redesign 1.dfa
Product: Original

□	Sepeda Redesign 1 (73)	168.05
□	Rangka Utama (1)	0.03
	Belakang bawah (2)	1.66
	Bend tabs (1)	0.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka belakang atas (2)	1.94
	Bend tabs (1)	0.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka tengah bawah sadel (1)	1.82
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka tengah atas sproket (1)	1.82
	Bend tabs (1)	0.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka tengah sproket (1)	1.99
	Bend tabs (1)	0.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Sprocket (1)	45.03
	Rangka tambahan tengah (1)	0.42
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka depan atas garpu (2)	4.25
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka engsel atas garpu (2)	0.79
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka tempat setir (1)	0.44
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Adjustment of item with tool (1)	0.07
	Totals for Rangka Utama (28)	61.56
□	Garpu depan (2)	0.10
	Garpu depan (2)	20.10
	Rangka tambahan garpu depan (2)	0.43
	Manual arc tack weld steel (2)	0.26
	Rangka tambahan kemudi ke garpu (2)	2.19
	1/4 in. hex head bolt (4)	0.34
	Roda depan (2)	30.09
	Adjustment of item with tool (2)	0.15
	Totals for Garpu depan (16)	53.55
□	Setir kemudi (1)	0.03
	Dasar setir tambahan (Kotak) (1)	1.71
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Dasar setir tambahan (Segitiga) (1)	5.73
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13

Lampiran 14 *Structure Chart* Desain Baru 1 Sepeda (2)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:41 PM
Sepeda Redesign 1

Sepeda Pasca Stroke Redesign 1.dfa
Product: Original

—	Rangka stang setir (1)	1.47
—	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
—	Stir penyangga blok silinder kayuhan (1)	0.28
—	Penyangga blok silinder kayuhan (2)	0.58
—	1/4 in. hex head bolt (2)	0.17
—	Blok silinder kayuhan (1)	0.03
—	Penyangga Kayuhan (2)	0.91
—	1/2 in. hex head bolt (2)	0.17
—	Kayuhan (2)	0.92
—	1/4 in. hex head bolt (2)	0.17
—	Totals for Setir kemudi (20)	12.52
—	Roda belakang (1)	15.03
—	Adjustment of item with tool (1)	0.07
—	Kursi (1)	15.03
—	Rem tangan (1)	10.03
—	Adjustment of item with tool (1)	0.07

Lampiran 15 Report Analysis Totals Desain Baru 2 Sepeda



Design for Assembly: Analysis Totals

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:44 PM
Sepeda Pasca Stroke Redesign 2

Sepeda Pasca Stroke Redesign 2.dfa
Product: Original

Per product data

	Entries (including repeats)	Number of different parts	Total time, s	Labor cost, \$	Item costs (including tooling), \$	Weight, kg
Parts	40	27	190.35	1.87	160.39	8.87
Subassemblies:						
Partially or fully analyzed	3	3	10.35	0.10	0.00	0.00
Named only	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Excluded	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Operations:						
Standard	0	0	0.00	0.00	-	-
Library	28	3	260.50	2.55	-	0.00
Column Totals	71	33	461.20	4.52	* 160.39	** 8.87

Cost totals based on a product life volume of 10,000

	Labor cost, \$	Other operation cost, \$	Manuf. piece part cost, \$	Total cost without tooling, \$	Assy. tool or fixture cost, \$	Manuf. tooling cost, \$	Total cost, \$
Cost per product	4.52	0.00	160.39	164.91	0.00	0.00	164.91
Production life cost	45,215	0	1,603,903	1,649,119	0	0	1,649,119

*Note: Manufacturing piece part costs not given for some items. Total cost may be incomplete.

**Note: Weight not given for some items. Total weight may be incomplete.

DFA Index

Theoretical minimum number of items	18
DFA Index	13.3

Production data

Overall plant efficiency, %	85.00
Labor rate, \$/hr	30.00

Lampiran 16 *Structure Chart* Desain Baru 2 Sepeda (1)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:43 PM
Sepeda Pasca Stroke Redesign 2

Sepeda Pasca Stroke Redesign 2.dfa
Product: Original

□	Sepeda Pasca Stroke Redesign 2 (71)	164.91
□	Rangka Utama (1)	0.03
	Rangka engsel setir (1)	0.58
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka depan sproket bawah (1)	1.48
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Sproket (1)	45.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka depan sproket atas (1)	1.75
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka belakang sproket bawah (1)	1.01
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka belakang sproket atas (1)	1.12
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka bawah sadel bawah (1)	0.91
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka bawah sadel melengkung (1)	1.01
	Bend tabs (1)	0.04
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka antar sadel (1)	0.51
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Rangka bawah sadel (2)	0.71
	Manual arc tack weld steel (2)	0.19
	Rangka belakang bawah (2)	1.49
	Bend tabs (2)	0.05
	Manual arc tack weld steel (2)	0.19
	Rangka belakang atas (2)	1.95
	Bend tabs (2)	0.05
	Manual arc tack weld steel (2)	0.19
	Rangka as roda belakang (2)	1.43
	Manual arc tack weld steel (2)	0.13
	Totals for Rangka Utama (39)	60.99
	Adjustment of item with tool (1)	0.07
	Rangka kemudi (1)	0.03
	Garpu roda depan (1)	10.05
	Tiang setir (1)	1.26
	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
	Stir penyangga blok silinder kayuhan (1)	0.28
	Penyangga blok silinder kayuhan (2)	0.58
	1/4 in. hex head bolt (2)	0.17
	Blok silinder kayuhan (1)	0.03

Lampiran 17 *Structure Chart* Desain Baru 2 Sepeda (2)



Design for Assembly: Structure Chart

Boothroyd Dewhurst, Inc.

Wednesday, January 4, 2017 10:43 PM
Sepeda Pasca Stroke Redesign 2

Sepeda Pasca Stroke Redesign 2.dfa
Product: Original

—	Penyangga Kayuhan (2)	0.91
—	1/2 in. hex head bolt (2)	0.17
—	Kayuhan (2)	0.92
—	1/4 in. hex head bolt (2)	0.17
—	Totals for Rangka kemudi (17)	14.67
—	Roda Depan (1)	15.03
—	Adjustment of item with tool (1)	0.07
—	Roda Belakang (1)	0.03
—	As antar roda (1)	8.53
—	Manual arc tack weld steel (1)	0.13
—	Roda (2)	30.07
—	Adjustment of item with tool (1)	0.07
—	Totals for Roda Belakang (5)	38.80
—	Kursi (1)	15.03
—	Rem tangan (2)	20.07
—	Adjustment of item with tool (1)	0.07

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Madiun, 19 Juni 1994 dan bernama Arventa Lukas Pranastya. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan suami istri Arief Susilo Pranoto dan Pudjiastuti. Historis pendidikan peneliti sebagai siswa di TK Trisula 1 Bojonengoro, SDN Kadipaten 2 Bojonegoro, SMP N 1 Bojonegoro, dan SMA N 1 Bojonegoro. Setelah lulus dari SMA N 1 Bojonegoro pada tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan terdaftar dengan nomor mahasiswa 2512100138.

Pada masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi, kepanitiaan, pelayanan kampus dan lomba-lomba inovasi. Penulis pernah menjadi Staff Departemen PSDM HMTI ITS 2013/2014, dan kemudian menjadi Bendahara Umum 2 HMTI ITS 2014/2015. Dalam pelayanan kampus, penulis menjadi Staff Divisi Persekutuan PMK ITS 2014/2015. Kepanitiaan yang diikuti penulis diantaranya adalah *Business Training* (BRAIN) 2014, *Industrial Challenge* (INCHALL), IE Games, dan lain sebagainya. Dalam kegiatan lomba inovasim penulis berhasil menjadi finalis pada *Chronics* 2015 UGM Yogyakarta dan juga meraih Medali Perak pada Pekan Karya Ilmiah Nasional (PIMNAS) XXVII 2014. Penulis juga aktif mengikuti pelatihan-pelatihan pengembangan *soft skill* dan *hard skill* diantaranya, LKMM Pra-TD X FTI ITS, 3Dsmax Training, LKMM TD 2014 HMTI ITS, DFMA Training, dan lain sebagainya.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai penelitian ini, penulis dapat dihubungi via email a_lucas_p@yahoo.com.